

**PINTURAS MURALES DE *CASTULO*. EVOLUCIÓN DE LA
TÉCNICA Y ENSAYOS DE TRATAMIENTOS**



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

MEMORIA PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR CON
MENCIÓN INTERNACIONAL

Escuela de Doctorado de Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas
PROGRAMA DE DOCTORADO EN HISTORIA Y ARTES
(B01.56.1)

Teresa López Martínez

Granada, 2019

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Teresa López Martínez
ISBN: 978-84-1306-467-3
URI: <http://hdl.handle.net/10481/60226>

A mis padres

“Lavorare in muro è’l più dolce e il più vago lavorare che sia”

Cennino Cennini

Il libro dell'arte. Trattato della pittura



Detalle de la decoración del zócalo de la Sala del Mosaico de los Amores del Conjunto Arqueológico de Cástulo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	15
RESUMEN / RIASSUNTO	21
INTRODUCCIÓN	31
JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	35
CAPÍTULO 1.- METODOLOGÍA	41
1.1.- METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE MATERIALES Y TÉCNICA.....	43
1.1.1.- Revisión bibliográfica	
1.1.2.- Selección de casos de estudio	
1.1.3.- Documentación gráfica y fotográfica	
1.1.4.- Caracterización de materiales	
1.1.4.1.- Toma de muestras	
1.1.4.2.- Nomenclatura	
1.1.4.3.- Técnicas analíticas empleadas	
1.1.4.4.- Estudio analítico de los morteros	
1.2.- METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE LOS TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN.....	55
1.2.1.- Revisión bibliográfica	
1.2.2.- Elección de los tratamientos a evaluar y aplicación de los mismos	
1.2.2.1.- Tratamientos de limpieza	
1.2.2.2.- Tratamientos de consolidación	
1.2.3.- Evaluación de los tratamientos	
1.2.3.1.- Evaluación de los tratamientos de limpieza	
1.2.3.2.- Evaluación de los tratamientos de consolidación	
CAPÍTULO 2.- ESTADO DE LA CUESTIÓN	75
2.1.- CONTEXTO ARQUEOLÓGICO DE <i>CASTULO</i>	76
2.1.1.- <i>Castulo</i> a través del tiempo	
2.1.1.1.- Secuencia histórica de <i>Castulo</i>	
2.1.2.- Excavaciones e investigación en <i>Castulo</i>	
2.1.2.1.- Extramuros	
2.1.2.2.- La ciudad intramuros	

2.2.- PINTURA MURAL.....	92
2.2.1.- Pintura mural romana	
2.2.1.1.- Sistemas decorativos	
2.2.1.2.- Técnica de ejecución	
2.2.2.- Pintura mural tardoantigua	
2.2.2.1.- Pinturas murales residenciales	
2.2.2.2.- Pinturas murales paleocristianas	
2.2.3.- Pintura mural en al-Andalus	
2.2.3.1.- Técnica de ejecución	
CAPÍTULO 3.- ESTUDIO DE CASOS.....	119
3.1.- PINTURAS MURALES ROMANAS DE <i>CASTVLO</i>	121
3.1.1.- Esquema decorativo	
3.1.2.- Caracterización de materiales	
3.1.2.1.- Morteros	
3.1.2.2.- Pigmentos	
3.1.2.3.- Aglutinantes	
3.1.3.- Discusión de resultados	
3.2.- PINTURAS MURALES TARDOANTIGUAS DE <i>CASTVLO</i>	140
3.2.1.- Esquema decorativo	
3.2.2.- Caracterización de materiales	
3.2.2.1.- Morteros	
3.2.2.2.- Pigmentos	
3.2.2.3.- Aglutinantes	
3.2.3.- Discusión de resultados	
3.3.- PINTURAS MURALES DE <i>CÓRDOBA</i>	151
3.3.1.- Pinturas murales de época romana: Parque Infantil de Tráfico	
3.3.1.1.- Contextualización de los fragmentos	
3.3.1.2.- Caracterización de materiales	
3.3.1.3.- Discusión de resultados	
3.3.2.- Pinturas murales de época emiral: Miraflores	
3.3.2.1.- Contextualización de los fragmentos	
3.3.2.2.- Caracterización de materiales	
3.3.2.3.- Discusión de resultados	
3.3.3.- Pinturas murales de época califal: Hospital Reina Sofía	
3.3.3.1.- Contextualización de los fragmentos	
3.3.3.2.- Caracterización de materiales	
3.3.3.3.- Discusión de resultados	
3.4.- ESTUDIO COMPARATIVO.....	167

CAPÍTULO 4.- ENSAYOS DE TRATAMIENTOS.....179

4.1.- ENSAYOS DE TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA.....181

4.1.1.- Ensayos de limpieza en los revestimientos romanos de *Castulo*

4.1.2.- Evaluación de los ensayos de limpieza

4.1.3.- Discusión de resultados

4.2.- ENSAYOS DE TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN.....194

4.2.1.- Ensayos de consolidación

4.2.2.- Evaluación de los ensayos de consolidación

4.2.2.1.- Test de solubilidad

4.2.2.2.- Ensayo de absorción de agua por capilaridad

4.2.2.3.- Evaluación textural y elemental mediante HRSEM

4.2.2.4.- Análisis de las variaciones del color de la capa pictórica

4.2.3.- Discusión de resultados

CAPÍTULO 5.- CONCLUSIONES / CONCLUSIONI.....213

BIBLIOGRAFÍA.....227

ANEXOS (TOMO 2)

ANEXO 1- DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

ANEXO 2 – CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

ANEXO 3 – EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

ANEXO 4 – EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANEXO 5 – FICHAS TÉCNICAS



Limpieza superficial de la pintura mural de época tardoantigua de *Castulo*.

AGRADECIMIENTOS

Porque estas líneas no se estarían escribiendo hoy sin la ayuda y el apoyo inestimable de numerosas personas a las que quiero expresar mi más profundo agradecimiento.

En primer lugar, a mis directores, Víctor J. Medina Flórez y Ana García Bueno. Gracias por aceptarme en vuestro equipo, por formarme, ayudarme y acompañarme con ilimitada paciencia durante todo el recorrido de la investigación. Gracias por darme la oportunidad de cumplir un sueño.

Al equipo de FORVM MMX, en especial a su director Marcelo Castro, por permitirnos hacer nuestras las pinturas de *Castulo* y facilitarnos todo el apoyo y ayuda que necesitábamos; a Bautista Ceprián, por toda la información ofrecida sobre el edificio paleocristiano y a M^a Paz López, por ser una grandísima profesional, compañera y persona, sin duda has sido uno de los regalos que me ha brindado esta tesis doctoral.

A Juan F. Murillo y a la Oficina de Arqueología de la Gerencia de Urbanismo de Córdoba; gracias por ofrecernos todo el material arqueológico que necesitábamos, por facilitar siempre las cosas y por hacerlo, además, con infinita amabilidad.

Asimismo, quería agradecer a todas las personas que han colaborado en la realización e interpretación de los distintos análisis y ensayos. A las doctoras Rocío Márquez Crespo e Isabel Guerra Tschuschke del Centro de Instrumentación Científica de Granada y al doctor Enrique Parra de la empresa “Larco química y arte” por el análisis de las distintas muestras, a las doctoras María Teresa González Muñoz y Fadwua Jroundi por proporcionarnos el tratamiento de bioconsolidación y a los doctores Carlos Rodríguez Navarro y Francisco M. Gómez Campos por su asesoramiento desinteresado. También a mis compañeros de trabajo, Francisco José Collado, Olimpia López, Rosario Blanc y Domingo Campillo, por su paciencia e inmejorable disposición, porque no han escatimado en ofrecerme la ayuda y el tiempo que necesitaba, muchísimas gracias.

Al Departamento de Pintura y al grupo de investigación “Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad” (HUM104) dentro de los cuales se ha desarrollado este trabajo, y a mis dos familias de acogida. En primer lugar, al Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali, en especial a Susanna Bracci, grazie per avermi dato

l'opportunità di conoscerti e di vivere questa esperienza, y a mis compañeras Barbara Salvadori, Silvia Vettori, Barbara Sacchi, Emma Cantisani, Rachele Manganelli Del Fà y Donata Magrini, grazie per avermi fatto sentire come se fossi a casa. En segundo lugar, a la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, en especial a Itziar Arana y a Beatriz Calvo, gracias por haberme acogido y por esforzaros en realizar el proyecto tanto como si fuera vuestro.

Finalmente quería agradecer a todos los que habéis soportado y compartido mis ausencias, mis agobios, mis alegrías y mis tristezas. A mis restauradoras, sobre todo a Anuska, Marta y Ana, habéis aguantado la parte final del camino conmigo, habéis compartido las quejas y la desesperación y habéis celebrado los pequeños logros; ojalá nos esperen muchas más restauraciones juntas, con andamios, bisturís, colas y gasas incluidas. A mis amigos, en especial a Popi, Hermanísima, Berto, Bambi y Pack, sois la parte menos seria de esta tesis doctoral, pero la suerte de mi vida; gracias por darme el toque de locura necesaria para no perder la cordura en todo este camino. A Carlotta, per la comprensione e i caffè condivisi.

A mi familia. Fafa, gracias por las inolvidables tardes de martes, por echarme una mano en todo lo que he necesitado y por repetirme hasta la saciedad que la perseverancia es la clave del éxito. Mamá, Papá, gracias por aguantar mis cabezonerías, por darme el aliento que a veces me falta y por creer en mis sueños más que yo misma; gracias por ayudarme a ser junco y no caña.

A todos vosotros, mil gracias.





RESUMEN

RIASSUNTO



Detalle de la decoración de uno de los interpaneles de la Sala del Mosaico de los Amores del Conjunto Arqueológico de Cástulo.

RESUMEN

El trabajo de investigación que aquí se presenta tiene como objeto de estudio principal la pintura mural del Conjunto Arqueológico de Cástulo y responde a una doble problemática común en la pintura mural arqueológica: por un lado, el estudio de la técnica de ejecución así como de la evolución que se da desde la Antigüedad hasta la Edad Media y, por otro, la dificultad de su tratamiento y conservación debido a sus condiciones de conservación.

Se desarrolla dentro del grupo de investigación Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad (HUM 104) del Plan Andaluz de Investigación, concretamente dentro de la línea de trabajo desarrollado por investigadores pertenecientes al Departamento de Pintura de la Universidad de Granada dedicado al estudio de revestimientos y acabados arquitectónicos. Su realización ha sido posible gracias a la concesión de diversos proyectos competitivos I+D como el financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (MINECO/FEDER, EU) en el marco del Proyecto de Investigación de referencia HAR2015-66139-P, “Estudio científico y tratamientos de conservación en revestimientos arquitectónicos de época romana a medieval”, el proyecto de investigación “Tratamientos cromáticos en la arquitectura de tradición musulmana. Técnica y Conservación” (P12 HUM 1941) concedido por la Junta de Andalucía, Conserjería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo así como por el programa de Formación del Profesorado Universitario (FPU) del que la doctoranda ha sido beneficiaria.

El trabajo se estructura en dos partes que corresponden a cada una de las problemáticas anteriormente mencionadas y que a continuación se detallan.

La primera de ellas, la correspondiente al estudio de la evolución de la técnica de ejecución, parte de una referencia de Torres Balbás en la que se plantea el origen de la técnica de los zócalos pintados hispanomusulmanes, así como de la hipótesis sugerida por el grupo de investigación en el que se desarrolla este trabajo, según la cual, la técnica de la pintura mural hispanomusulmana respondería a una influencia oriental importada por los musulmanes que vienen a la península aunque mantendría la tradición local clásica que debería pervivir en aquella época.

Para dar respuesta a ello se ha realizado, en primer lugar, un estudio en profundidad tanto del esquema compositivo como de los materiales constitutivos y de la técnica de dos pinturas

murales pertenecientes al Conjunto Arqueológico de Cástulo: un revestimiento mural de época romana procedente de la Sala del Mosaico de los Amores y una pintura mural de época tardoantigua correspondiente al edificio paleocristiano localizado al norte de la sala mencionada; dicho estudio ha evidenciado notables diferencias entre ambos revestimientos. Por un lado, los de época romana siguen las directrices expuestas en tratados clásicos: presentan cuatro estratos de mortero, cuyo espesor y granulometría disminuye en las capas más superficiales, una paleta típica romana en la que destacan pigmentos de gran calidad como el azul egipcio, y dos acabados distintos en su superficie, uno brillante y pulido, ejecutado al fresco con la técnica de las *politiones*, y otro más rugoso en el que se aprecia la pincelada, realizado al seco mezclando los pigmentos con agua de cal o con algún aglutinante. Por el contrario, los revestimientos tardoantiguos presentan un solo estrato de mortero, de un espesor mucho menor al total de los cuatro estratos anteriores, una paleta de pigmentos más reducida y un acabado de la capa pictórica más tosco e irregular, sin presentar una superficie espatulada; su ejecución también ha sido al fresco, con posibles retoques al seco mezclando el pigmento con agua de cal.

En segundo lugar, dado que en *Castulo* no existen actualmente ejemplos de pintura mural datada en época posterior al siglo V, el periodo de tiempo sin información hasta los primeros ejemplos de pintura medieval estudiada con antelación por el grupo de investigación resultaba excesivamente extenso. Por ello, se han analizado revestimientos murales de tres épocas sucesivas y procedentes de una zona geográfica próxima a la estudiada; al emplear la misma metodología de estudio en las muestras procedentes de diferentes localizaciones resulta posible comprobar si los cambios identificados se deben a la disponibilidad de materiales o si presentan resultados similares como consecuencia de responder a una única tradición. Por tanto, se ha analizado una pintura mural de época romana procedente de la excavación de Parque Infantil de Tráfico, un revestimiento de época emiral hallado en la excavación de Miraflores y una decoración parietal de época califal procedente de la excavación de Hospital Reina Sofía, todas ellas localizadas en Córdoba. Todo ello ha permitido corroborar la hipótesis inicial planteada por el grupo de investigación.

La segunda parte de este trabajo corresponde a la problemática de conservación e intervención que presenta el material arqueológico. Las obras permanecen durante siglos en unas condiciones adversas pero estables, con las que crean un equilibrio que en el momento de su extracción a la superficie se altera, acelerando los procesos de deterioro de la obra y provocando que tratamientos como la consolidación resulten indispensables para su conservación.

Debido a la relevancia que dicho tratamiento presenta en la intervención de la pintura mural arqueológica se han realizado ensayos de consolidación en fragmentos descontextualizados pertenecientes a los cinco revestimientos murales anteriormente señalados. Se han evaluado dos de los consolidantes más empleados en intervenciones arqueológicas, una resina acrílica y silicato de etilo, y dos tratamientos de reciente incorporación al mercado, nanocales y nano-silicato de etilo; junto con ellos, también se ha analizado un tratamiento de bioconsolidación desarrollado por el Departamento de Microbiología de la Universidad de Granada, la carbonatogénesis bacteriana. Una vez efectuado los ensayos de consolidación se han evaluado mediante métodos objetivos: se ha realizado un test de solubilidad, un ensayo de absorción de agua por capilaridad, mediciones con espectrofotómetro para evaluar la variación de color

producida en la capa pictórica, y se han tomado muestras que han sido analizadas mediante microscopía electrónica de barrido de alta resolución (HRSEM) para estudiar los cambios producidos en la morfología y la composición de las mismas.

De manera paralela, y debido a las concreciones de carbonatos que presentaba la capa pictórica de las pinturas murales de la Sala del Mosaico de los Amores, se han efectuado ensayos de limpieza en fragmentos descontextualizados procedentes de dichos revestimientos. Se ha evaluado, por un lado, uno de los tratamientos tradicionalmente empleados para la eliminación de concreciones de pintura mural, la papeta AB57; por otro, dos agentes quelantes, sal de EDTA tetrasódico y ácido cítrico; y, finalmente, una sustancia tampón, compuesta por ácido cítrico y citrato de triamonio. Tanto los agentes quelantes como el tampón citrato han sido aplicados con dos métodos diferentes: mediante un *impacco* de pulpa de celulosa y en forma de gel rígido, mezclándolos con Gellano Kelkogel. Al igual que en los ensayos de consolidación, estas pruebas también han sido evaluadas de manera objetiva; para ello, se ha cuantificado la extensión de las concreciones eliminadas mediante una imagen tomada con microscopio estereoscópico, se ha cuantificado el espesor de la concreción eliminada mediante la realización de modelos fotogramétricos de la superficie antes y después de la aplicación del tratamiento y, finalmente, se han tomado mediciones de color con espectrofotómetro en una cata realizada mediante limpieza mecánica, antes y después de la aplicación del tratamiento, para ver cómo la limpieza química afecta al color de la capa pictórica.

En definitiva, con este trabajo se ha pretendido profundizar en el conocimiento de la pintura mural de esta zona geográfica así como contribuir a su conservación y restauración.

RIASSUNTO

Il lavoro di ricerca qui presentato ha come principale oggetto di studio i dipinti murali del Sito Archeologico di Cástulo, e risponde a una doppia problematica comune nella pittura murale archeologica: da un lato, lo studio dell'evoluzione della sua tecnica di esecuzione dall'Antichità al Medioevo, e dall'altro, la difficoltà del suo trattamento e conservazione legate alle condizioni di conservazione.

Il progetto è stato sviluppato grazie alla collaborazione con il gruppo di ricerca Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad (HUM104) del Plan Andaluz de Investigación, e si inserisce in particolare nella linea di lavoro sviluppata dai ricercatori del Dipartimento di Pittura dell'Università di Granada, dedicata allo studio di rivestimenti e finiture architettoniche. La sua realizzazione è stata possibile grazie alla concessione di diversi progetti competitivi R&S come quello finanziato dal Ministerio de Economía y Competitividad e dal Fondo Europeo de Desarrollo Regional (MINECO/FEDER, EU) nell'ambito del progetto di ricerca di riferimento HAR2015-66139-P, "Estudio científico y tratamientos de conservación en revestimientos arquitectónicos de época romana a medieval", il progetto di ricerca "Tratamientos cromáticos en la arquitectura de tradición musulmana. Técnica y Conservación" (P12 HUM 1941) concesso per la Junta de Andalucía, Conserjería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo, così come al programma di Formación del Profesor Universitario (FPU) del quale la dottoranda è stata beneficiaria.

Il lavoro è strutturato in due parti che corrispondono a ciascuno dei problemi precedentemente menzionati e che sono descritti di seguito. La prima parte, quella corrispondente allo studio dell'evoluzione della tecnica di esecuzione, deriva da un riferimento di Torres Balbás in cui si tratta in merito all'origine della tecnica degli zoccoli dipinti ispano-musulmani, così come dell'ipotesi suggerita dal gruppo di ricerca in cui si sviluppa questo lavoro, secondo la quale la tecnica di pittura murale ispano-musulmana risponderrebbe a un'influenza orientale importata dai musulmani che arrivarono nella penisola pur mantenendo sempre viva la tradizione locale classica.

Per rispondere a questi interrogativi si è effettuato, in primo luogo, uno studio approfondito sia dello schema compositivo che dei materiali costitutivi e della tecnica di esecuzione di due dipinti murali appartenenti al Sito Archeologico di Cástulo: un rivestimento murale di epoca romana proveniente dalla Sala del Mosaico de los Amores e un dipinto murale tardo-antico

corrispondente all'edificio paleocristiano situato al nord della suddetta sala; detto studio ha evidenziato notevoli differenze tra i due rivestimenti. Da un lato, quelli di epoca romana seguono le linee stabilite nei trattati classici: presentano quattro strati di malta, il cui spessore e granulometria diminuisce negli strati più superficiali, una tavolozza caratteristica romana in cui si denotano anche pigmenti di alta qualità come il blu egiziano, e due finiture diverse sulla sua superficie, una brillante e lucida, eseguita a fresco con la tecnica delle *politiones*, e un'altra più rugosa in cui si può apprezzare la pennellata, realizzata a secco, mescolando i pigmenti con acqua di calce o con qualche legante. D'altra parte, i rivestimenti tardo-antichi hanno soltanto uno strato di malta, di uno spessore molto più sottile rispetto al totale dei quattro strati precedenti, una tavolozza più ridotta e una finitura pittorica più ruvida e irregolare e non presentano la superficie spatolata; l'esecuzione è stata anche in questo caso realizzata a fresco, con possibili ritocchi mescolando il pigmento con acqua di calce.

In secondo luogo, dato che a *Castulo* non ci sono al momento esempi di pittura murale risalenti ad epoca posteriore al secolo V, il periodo di tempo rispetto al quale non si hanno informazioni fino ai primi esempi di pittura medievale già studiate dal gruppo di ricerca era troppo esteso. Per questo motivo, sono stati analizzati rivestimenti murali di tre epoche successive e provenienti da un'area geografica vicina a quella di interesse; utilizzando la stessa metodologia di studio dei campioni precedenti dalle diverse aree è stato possibile verificare se i cambiamenti identificati erano dovuti alla disponibilità di materiali o se presentavano risultati simili. Sono stati analizzati, quindi, una pittura murale di epoca romana dallo scavo di Parque Infantil de Tráfico, un rivestimento dal periodo emirale trovato nello scavo di Miraflores, e una decorazione parietale di epoca califfale dallo scavo di Hospital Reina Sofia, tutti i tre situati a Córdoba. Tutto ciò ha permesso di avvalorare l'ipotesi iniziale sollevata dal gruppo di ricerca.

La seconda parte di questo lavoro riguarda il problema di conservazione e la metodologia di intervento sul materiale archeologico. Le opere sono rimaste per secoli in condizioni avverse ma stabili, con le quali hanno creato un equilibrio che si altera quando viene riportato in superficie, dato che accelerano i processi di degrado dell'opera e rendendo necessari trattamenti come il consolidamento, indispensabile per la conservazione dei rivestimenti.

Data la rilevanza che questo trattamento ha nell'intervento sulla pittura murale archeologica, sono stati effettuati test di consolidamento su frammenti decontestualizzati appartenenti ai cinque rivestimenti murali precedentemente indicati. Sono stati dunque valutati due dei consolidanti più usati negli interventi su materiali archeologici, una resina acrilica e silicato di etile, e due trattamenti recentemente introdotti sul mercato, nanocalci e nano-silicato di etile; è stato oltretutto testato un trattamento di bioconsolidamento sviluppato dal Dipartimento di Microbiologia dell'Università di Granada, la carbonatogenesi batterica. Una volta eseguiti i test di consolidamento, sono stati valutati mediante metodi obiettivi: è stato effettuato un test di solubilità, un test di assorbimento d'acqua per capillarità, sono state realizzate delle misure con spettrofotometro per valutare le variazioni di colore nello strato pittorico e sono stati prelevati campioni che sono stati analizzati mediante microscopia elettronica a scansione ad alta risoluzione (HRSEM) per valutare i cambiamenti prodotti nella morfologia e nella composizione.

Oltre ciò parallelamente, data la presenza di concrezioni di carbonati presenti sullo strato

pittorico dei dipinti murali della Sala del Mosaico de los Amores, sono stati effettuati dei test di pulitura su frammenti decontestualizzati appartenenti agli stessi rivestimenti. È stato valutato, da un lato, uno dei trattamenti utilizzati tradizionalmente per l'eliminazione delle concrezioni dalle pitture murali, la miscela AB57; dall'altro, due agenti chelanti, sale di EDTA tetrasodico e acido citrico; e, infine, una miscela tampone, composta da acido citrico e citrato di triammonio. Sia gli agenti chelanti che il tampone citrato sono stati applicati con due modalità: tramite un impacco di polpa di cellulosa e tramite l'uso di un gel rigido, il Gellano Kelkogel. Come nei test di consolidamento, anche questi test sono stati valutati obiettivamente; per questo, è stata quantificata l'estensione delle concrezioni eliminate mediante un'immagine ottenuta con un microscopio stereoscopico, è stato quantificato lo spessore della concrezione eliminata mediante la realizzazione di modelli fotogrammetrici della superficie prima e dopo l'applicazione del trattamento e, infine, è stata misurata la variazione di colore con uno spettrofotometro su tasselli puliti meccanicamente, prima e dopo l'applicazione del trattamento, per vedere come la pulitura chimica influisca sul colore dello strato pittorico.

Tirando le somme, lo scopo di questo lavoro è stato quello di approfondire la conoscenza della pittura murale di questa area geografica e di contribuire alla sua conservazione e restauro.





INTRODUCCIÓN
JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS



Detalle de la decoración de los revestimientos de época tardoantigua de *Castulo* en el momento de su extracción. Fotografía facilitada por el equipo de FORVM MMX.

INTRODUCCIÓN

A la hora de afrontar un proyecto de conservación y restauración resulta imprescindible estudiar de forma exhaustiva los posibles tratamientos que se pueden emplear para su intervención y analizar la interacción que puede existir entre éstos y la propia obra. Es por ello que se torna esencial la realización de un estudio exhaustivo de la misma, conociendo en profundidad tanto sus materiales constitutivos como su técnica de ejecución.

En el caso de la pintura mural de procedencia arqueológica, el citado estudio cobra mayor importancia aún debido a dos razones distintas. En primer lugar, tal y como señala Abad Casal (2008) este tipo de obra ha sido siempre el pariente pobre de la Arqueología romana; no fue hasta mediados del siglo XX cuando empezó a cobrar importancia y a tomarse en mayor consideración gracias a la labor de investigadores como Alix Barbet. Queda ejemplificado de esta forma la importancia que recae en la investigación en cuanto a la conservación de pintura mural arqueológica se refiere, pues no se invierte grandes cantidades de tiempo ni esfuerzo en conservar materiales que, aparentemente, carecen de importancia; un mayor conocimiento y difusión de la obra se traduce en una mayor preocupación por su conservación. En segundo lugar, hay que señalar la problemática de conservación e intervención que presenta el material arqueológico. Por un lado, las obras han permanecido durante siglos en unas condiciones de conservación muy adversas, aun siendo estables. Uno de los problemas fundamentales es que al extraerlas a la superficie, el equilibrio en el que se han mantenido durante años, siglos en muchos casos, se rompe, acelerando todos los procesos de alteración y deterioro. Por otro lado, en la mayoría de los casos, las obras a menudo deben someterse a intervenciones de urgencia en el mismo yacimiento, donde tanto las condiciones como los recursos y el tiempo del que se dispone son limitados; ello conlleva a que, en ocasiones, se realicen tratamientos no del todo adecuados y que puedan interferir en la posterior intervención de la obra en el laboratorio. Todo ello resulta en la importancia que adquiere el análisis pormenorizado del estado de conservación de la obra antes de proponer su intervención.

El trabajo de investigación que se expone en esta tesis doctoral se desarrolla dentro del grupo de investigación Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad (HUM 104) del Plan Andaluz de Investigación, compuesto por doctores y personal investigador pertenecientes al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y a las universidades de Granada y Sevilla en su mayor parte. Concretamente, este estudio se sitúa dentro de la línea de trabajo que desde hace años sigue un equipo de investigadores de dicho grupo perteneciente al

Departamento de Pintura (Facultad de Bellas Artes) de la Universidad de Granada dedicado al estudio de revestimientos y acabados arquitectónicos.

Los antecedentes que presenta el grupo de investigación en el campo de los revestimientos murales de tradición islámica son extensos. Gracias a la financiación obtenida por diversos proyectos competitivos I+D se han podido realizar multitud de estudios sobre la decoración pintada en la arquitectura de tradición musulmana, entre los que destacan varias tesis doctorales como “Zócalos nazaries en Granada. Aproximación material y estilística” elaborada por el doctor Víctor J. Medina Flórez en el año 1992, “La pintura mural Hispanomusulmana. Estudio de los revestimientos murales pintados del Cuarto Real de Santo Domingo de Granada” realizada por la doctora Ana García Bueno en el año 2000, “Las policromías de la Fachada del Palacio de Pedro I en el Real Alcázar de Sevilla” leída por la doctora Olimpia López Cruz en 2012, “Materiales, técnicas y procedimientos en la decoración arquitectónica. Aplicaciones a la conservación y restauración de las yeserías del Patio de las Doncellas. Real Alcázar de Sevilla” defendida por la doctora Ana Isabel Calero Castillo en 2016 y “La policromía del alfarje del Patio de las Doncellas. Estudio técnico y ensayos de protección” desarrollada por la doctora Ana Cristina Coba Peña en 2017, además de diversas intervenciones como el estudio previo y la restauración del Cuarto Real de Santo Domingo en Granada, el estudio previo a la restauración del Oratorio de la Madraza de Yusuf I, localizado en la misma ciudad, o el estudio previo del Palacio de *Qusayr’ Amra* en Jordania. El fruto de esta labor investigadora queda reflejado en numerosas publicaciones de ámbito nacional e internacional (García Bueno & Medina Flórez, 1997; García Bueno & Medina Flórez, 2003; García Bueno, Adroher Auroux, López Pertíñez & Medina Flórez, 2000).

Desde hace algunos años se ha ampliado el campo de investigación a decoraciones murales de épocas anteriores, con la finalidad de establecer procesos de evolución en cuanto a materiales y técnicas de ejecución se refiere, desde la Antigüedad hasta la etapa medieval, en la que habitualmente se ha centrado el interés de los estudios. Ya Torres Balbás (1942) en su artículo “Los zócalos pintados en la arquitectura hispanomusulmana” se plantea la problemática de saber si la técnica de las pinturas murales hispanomusulmanas responde a una tradición local o fue traída de oriente por los musulmanes, por lo que en la nueva línea de investigación abierta por el grupo se procura aportar datos que contribuyan al conocimiento de la técnica y su procedencia, intentando aclarar en la medida de lo posible en qué consisten estas influencias, tanto a nivel de materiales como de procesos de trabajo. Para ello, ha sido imprescindible la colaboración establecida entre el Departamento de Pintura de la Universidad de Granada y el equipo de FORVM MMX y Marcelo Castro, director del Conjunto Arqueológico de Cástulo.

En el año 2011 el Consejo de Gobierno de la Junta de Andalucía aprobó la creación del Conjunto Arqueológico de Cástulo, mediante la unión del yacimiento y el Museo Arqueológico de Linares. En ese mismo año, y de la mano del Dr. Castro, nace el proyecto de investigación FORVM MMX, cuyo objetivo fundamental consistía en la localización y caracterización de uno de los principales espacios de la ciudad romana, el foro; sin embargo, ese espacio por ahora no ha salido a la luz. En su lugar, se descubrió un edificio público de aproximadamente 33x12 m consistente en una sucesión de patios y estancias revestidos con decoración musivaria y parietal, entre las que destaca la Estancia 1, conocida como Sala del

Mosaico de los Amores.

En el año 2014 llegaron hasta el laboratorio de restauración de pintura mural del Palacio del Almirante, antiguo centro de restauración de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Granada, fragmentos de pintura mural pertenecientes al muro oeste de dicha estancia para su intervención. En estos casos, los objetivos de este tipo de trabajos van más allá de la mera restauración, ya que brindan la oportunidad de hacer un estudio exhaustivo de los materiales constitutivos, así como la puesta a punto de tratamientos y metodologías punteras a emplear en estas obras, pero también en otras de tipología similar. Es por ello que se ha aprovechado esta coyuntura para, por un lado, efectuar todo el análisis previo a la restauración y, por otro, comenzar a desarrollar nuevas líneas de investigación como la mencionada con anterioridad referida al estudio comparado de la técnica de ejecución de pinturas murales de diferentes cronologías (antiguas, tardoantiguas y medievales). Asimismo, debido a la problemática de conservación que presenta el material arqueológico anteriormente citado, otra de las líneas de investigación que se ha podido desarrollar ha sido el estudio del comportamiento de distintos tratamientos de restauración abarcando la puesta a punto de nuevos materiales y de la metodología para su evaluación.

El trabajo que aquí se presenta no parte de cero, sino que es continuación tanto del Trabajo Fin de Grado “Estudio de las pinturas murales romanas de la excavación arqueológica de Cástulo, Linares (Jaén)” presentado en 2014 para la obtención del título de Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales así como del Trabajo Fin de Master “Las pinturas murales de Cástulo: técnicas de ejecución y ensayos de tratamiento” defendido en 2015 para la obtención del título del Master Interuniversitario en Arqueología, ambos realizados por la doctoranda en la Universidad de Granada.

Finalmente, en una investigación de este tipo resulta fundamental el estudio comparativo con otros trabajos similares que aporten datos de interés desde el punto de vista formal, de materiales y de técnica de ejecución. Dado que en el Conjunto Arqueológico de Cástulo no existen actualmente ejemplos de pintura mural datada en época posterior al siglo V, el periodo de tiempo sin información hasta los primeros ejemplos de pintura medieval estudiada con antelación por el grupo de investigación resultaba demasiado extenso; es por ello que se optó por analizar también la evolución de la pintura mural en una zona geográfica próxima. El análisis, en primer lugar, de los revestimientos murales de época romana procedentes de la excavación del Parque Infantil de Tráfico de Córdoba permite comprobar los paralelismos y similitudes existentes con las pinturas murales de *Castulo*¹; de esta manera, la información obtenida posibilita continuar con el estudio de la evolución de la técnica de ejecución de revestimientos de épocas posteriores, concretamente analizando pinturas murales emirales y califales procedentes también de Córdoba. Al emplear la misma metodología de estudio de las muestras procedentes de diferentes localizaciones se podrá comprobar si los cambios identificados responden a una evolución en la técnica de la pintura mural como consecuencia de una influencia oriental llegada con los musulmanes a la península o si, por el contrario, es consecuencia de la tradición clásica preexistente en la península ibérica.

¹ En este trabajo, se hace referencia al yacimiento de dos formas distintas: *Castulo* como ciudad íbero-romana citada con su nombre en latín clásico (en cursiva y sin tilde) y Conjunto Arqueológico de Cástulo, bajo la denominación de Conjunto Cultural (sin cursiva y con tilde).

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Este trabajo de investigación responde, por lo tanto, a la necesidad de encontrar respuesta a las dos problemáticas anteriormente planteadas. En primer lugar, la propuesta en referencia al origen de la técnica del arte hispanomusulmán por Torres Balbás (1942):

Por la oscuridad que envuelve al arte islámico de occidente en los siglos anteriores no es fácil decir si se trata de una supervivencia del arte romano en el territorio nacional, o una disposición importada a la Península desde el otro extremo del mediterráneo. (p.121)

Como se acaba de señalar, el grupo de investigación en el que se desarrolla esta tesis doctoral viene trabajando desde hace más de dos décadas en el estudio del color de la arquitectura así como de la composición material de las pinturas murales como elemento clave para su conservación, centrando su labor en los revestimientos murales de tradición islámica. Dicha experiencia con sus correspondientes conclusiones sirven de base para la comparación de los resultados obtenidos en el estudio de los distintos revestimientos de época romana y tardoantigua aquí estudiados, siendo posible comprobar diferencias técnicas entre los revestimientos murales de tradición islámica y los de tradición occidental. Como resultado de todas las investigaciones efectuadas por el grupo hasta el momento se plantea como hipótesis que la técnica de la pintura mural hispanomusulmana responde a una influencia oriental importada por los musulmanes que vienen a la península aunque manteniendo la tradición clásica local que debía pervivir; de esta manera, la continuidad cronológica en la datación de los revestimientos estudiados (romana, tardoantigua, emiral y califal) permitirá confirmar la hipótesis planteada en cuanto a evolución se refiere.

En segundo lugar, esta investigación nace también de las dificultades de conservación que presentan los revestimientos murales estudiados inherentes al hecho de ser material arqueológico. Aunque, evidentemente, existen otros tratamientos importantes que forman parte de la intervención de una obra de arte, como por ejemplo la reintegración matérica y cromática, en el caso concreto de la restauración de revestimientos de procedencia arqueológica, los tratamientos de consolidación adquieren una primordial relevancia. Además, éstos plantean una problemática específica, tanto en las intervenciones de urgencia como en tratamientos definitivos, ya que las resinas empleadas habitualmente generan considerables inconvenientes, sobre todo por la pérdida de permeabilidad de la superficie pictórica y por el cambio que ocasionan en su índice de refracción y, como consecuencia,

en la permeabilidad y color de la capa pictórica. Todas estas cuestiones exigen tener en cuenta numerosos factores, no solo la elección del consolidante sino también su proceso de aplicación e, incluso, las características del disolvente empleado para diluirlo. Igualmente es imprescindible que cumpla uno de los requisitos indispensables para que un material pueda utilizarse en restauración, especialmente en tratamientos de urgencia, y es su reversibilidad, así como la compatibilidad con otros posibles tratamientos de restauración que tuvieran que llevarse a cabo posteriormente.

Es por ello que para dar respuesta a esta problemática planteada se persiguen los siguientes objetivos generales:

- Realizar un estudio en profundidad de los revestimientos murales de época romana pertenecientes a la Sala del Mosaico de los Amores así como de las pinturas murales de época tardoantigua procedentes del edificio paleocristiano colindante, ambos del Conjunto Arqueológico de Cástulo.

- Comprobar, en la medida de lo posible, la evolución de los materiales y de la técnica de ejecución de la decoración parietal desde la época romana hasta la época medieval, estableciendo similitudes y paralelismos entre las decoraciones de origen romano y las de origen hispanomusulmán, en la zona geográfica de Córdoba y Jaén.

- Efectuar un análisis comparativo de diversos tratamientos que se pueden emplear para la intervención de revestimientos murales de procedencia arqueológica, con el fin de evaluar las ventajas e inconvenientes de su uso y dar unas pautas y unas premisas para su correcta utilización.

- Profundizar en el conocimiento de la pintura mural arqueológica y, de este modo, contribuir a su conservación y restauración.

Para ello se ha diseñado un plan de trabajo basado en la realización de una extensa revisión bibliográfica, una exhaustiva documentación gráfica y fotográfica, el análisis de muestras a través de distintas técnicas analíticas y el ensayo y evaluación de varios tratamientos de restauración. Con todo ello se ha perseguido alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Contribuir al conocimiento de las técnicas de ejecución de la pintura mural antigua y sus esquemas decorativos a partir de fuentes documentales.

- Caracterizar los materiales constitutivos y la técnica de ejecución de los distintos revestimientos murales objetos de estudio de esta tesis.

- Prestar especial atención al análisis de los morteros determinando la proporción entre árido y aglomerante en cada estrato, así como las tipologías de árido.

- Analizar los esquemas compositivos que presentan las decoraciones parietales buscando paralelos según la bibliografía específica.

- Comparar los resultados obtenidos en el estudio de las pinturas murales con otros resultados procedentes tanto del grupo como de otros investigadores.

- Conocer de forma precisa el estado de conservación de las pinturas murales estudiadas así como las alteraciones que presentan.

- Valorar los posibles tratamientos de acuerdo a los materiales y técnicas identificados y

su estado de conservación y seleccionar aquellos que puedan considerarse más adecuados y compatibles.

- Comprobar el grado de efectividad de diversos ensayos de tratamientos sobre fragmentos descontextualizados pertenecientes a las distintas pinturas murales objetos de estudio.

- Confrontar el efecto de los distintos tratamientos para poder establecer una propuesta definitiva con plenas garantías tanto en materiales como en procedimiento de aplicación.





CAPÍTULO 1

METODOLOGÍA



Toma de una muestra de la capa pictórica de los revestimientos procedentes de la Sala del Mosaico de los Amores de *Castulo*.

METODOLOGÍA

En un trabajo de este tipo es necesario emplear una metodología diferenciada y específica, orientada a la consecución de los objetivos propuestos. Su aplicación rigurosa es imprescindible para que finalmente se puedan establecer conclusiones seguras y fiables. Todos los procedimientos empleados en ella han ido encaminados tanto al estudio de las características materiales y técnicas de los revestimientos murales y de sus alteraciones, como a la valoración de la eficacia de los tratamientos de conservación y restauración propuestos.

Al igual que el resto de la tesis doctoral, también la metodología se estructura en función de la doble problemática que justifica el desarrollo de la misma. De este modo, se presenta en primer lugar la metodología aplicada en el análisis de los revestimientos murales y en el estudio de la evolución de la técnica y, en segundo lugar, la metodología seguida para la elección, ensayo y evaluación de los diferentes tratamientos de restauración.

Por otro lado, es necesario aclarar la terminología que se va a emplear en el desarrollo de este trabajo, ya que según los diferentes contextos de estudio se puede entender por estuco un procedimiento diferente. En ocasiones se ha utilizado para referirse a cualquier pintura mural arqueológica, en otras se refiere a la pintura mural que se presenta espatulada. En ocasiones también es empleado por los italianos para denominar las decoraciones en yeso, además de ser una preparación muy utilizada en restauración, mezcla de un aglutinante, normalmente cola animal, con sulfato cálcico dihidratado. Por ello, para este trabajo se considera como estuco a todo revestimiento preparado según el procedimiento descrito por Vitruvio y que, posteriormente, es recogido por Ana Calvo (Calvo, 1997) en su diccionario: “Pasta de cal apagada y mármol pulverizado o alabastro, con que se cubren o enlucen las paredes antes de ser pintadas [...]”. Por tanto, se podría considerar como estuco cualquier enlucido compuesto por un mortero de cal y árido más o menos puro, esté espatulado o no, y sea pintado al fresco o al seco. El término, por tanto, es muy amplio y excluye otros procedimientos y materiales como las yeserías que en ciertos lugares, como por ejemplo en Italia, se denominan igualmente estucos.

Respecto a las técnicas de pintura mural, se pueden diferenciar dos grandes grupos: la pintura mural al fresco, realizada sobre un mortero de cal húmedo en el que la carbonatación de la cal cohesionan el mortero y fija la película pictórica por la formación de una red de cristales de carbonato cálcico que engloban los pigmentos, y la pintura mural al seco, realizada sobre

cualquier tipo de mortero, sea de cal o no, en la que es imprescindible el empleo de un aglutinante orgánico o un temple de cal que, mezclado con los pigmentos, los cohesiona y fija a la superficie del mortero. Entre un procedimiento y otro existen metodologías de trabajo mixtas, en las que a partir de un mortero de cal húmedo se puede hacer una primera fase del trabajo al fresco para continuar al seco.

Asimismo, la pintura al fresco puede estar espatulada o no, el objetivo del espatulado es conseguir una superficie pictórica más lisa y brillante, pero también hacer aflorar a la superficie los restos de humedad e hidróxido cálcico que hay en el interior del mortero y, de este modo, mejorar la carbonatación de la película pictórica.

1.1. METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE MATERIALES Y TÉCNICA

Para la caracterización de materiales constitutivos y la técnica de ejecución de los distintos revestimientos murales aquí estudiados y para la comparación de los resultados y la elaboración de una teoría en lo que respecta a la evolución de la técnica de pintura mural, se ha seguido el siguiente plan de trabajo.

1.1.1.- Revisión bibliográfica

En primer lugar, se ha efectuado una exhaustiva revisión bibliográfica que ha ido encaminada a la búsqueda de información de los diversos ámbitos de estudio. Se ha comenzado procurando la contextualización de las diferentes pinturas murales en sus correspondientes yacimientos y excavaciones; en este sentido se ha buscado información sobre la situación geográfica e histórica de *Castulo* así como de las excavaciones realizadas en Córdoba de donde proceden los fragmentos que se han estudiado. En el caso de los revestimientos murales de *Castulo* existe una pequeña dificultad añadida ya que al haber sido hallados en el 2011 y en el 2014 (romanas y tardoantiguas respectivamente) no existen todavía publicaciones ni teorías completamente irrefutables sobre el uso de los edificios y las estancias de donde proceden; en el caso de las romanas, de hecho, la excavación del edificio D no ha concluido en su totalidad. Es por ello que lo que aquí se presenta, en ocasiones, es la información recibida directamente de parte del equipo de arqueólogos que han estado trabajando en su excavación y las diferentes hipótesis que hasta el momento se han planteado.

En segundo lugar, la búsqueda de información ha estado encaminada al conocimiento de la técnica de ejecución de la pintura mural antigua, prestando especial atención a la de época romana y tardorromana, tanto en cuanto a los materiales empleados y la técnica de ejecución como a los motivos representados.

Finalmente, dicha revisión ha ido también orientada a la búsqueda de modelos similares a las pinturas castulonenses, sobre todo analizando los esquemas compositivos, de forma que fuese viable evidenciar, en la medida de lo posible, la funcionalidad de las estancias a las que pertenecen o aportar algún dato nuevo que disipe las dudas que todavía existen en cuanto a la localización, dentro del esquema compositivo, de cierto tipo de decoración encontrada en fragmentos descontextualizados.

Para ello se han contemplado tanto tratados antiguos y obras de referencia básicas como publicaciones más recientes. Se ha comenzado analizando los materiales y la técnica de ejecución señaladas por escritores clásicos como Plinio y Vitruvio así como por otros más recientes, referentes en la materia, como Mora, Mora y Philippot (2003) o Vlad Borrelli (2015). Del mismo modo, se han revisado estudios realizados sobre obras de tipología similar en el ámbito nacional (Guiral Pelegrín & Martín-Bueno, 1996; Torres Balbas, 1949) y publicaciones tanto en revistas científicas como intervenciones en congresos especialistas en

el sector (Marín Díaz & Orfila Pons, 2016; Rallo Gruss & Parra Crego, 1998).

1.1.2.- Selección de casos de estudio

Los dos casos principales de estudio que ocupa esta tesis doctoral son dos ejemplos de revestimientos murales procedentes del Conjunto Arqueológico de Cástulo: el primero de ellos, la decoración parietal romana datada a finales del siglo I d.C. perteneciente a la Sala del Mosaico de los Amores; el segundo, unas pinturas murales situadas sobre un banco corrido de un edificio paleocristiano fechadas a mitad del siglo IV d.C.

Sin embargo, tal y como se ha mencionado en la introducción de este trabajo, para que el estudio comparativo y el análisis de la evolución de la técnica que se pretende realizar sean fiables y veraces se necesitan otros trabajos similares que permitan corroborar las teorías planteadas. Para ello, se han escogido tres revestimientos murales correspondientes a tres épocas distintas: romana, emiral y califal; todos los revestimientos cumplen los mismos requisitos indispensables:

- Su localización geográfica está cercana a *Castulo*, aproximadamente a 125 km.
- Los revestimientos de las tres épocas pertenecen a excavaciones de la misma localidad, Córdoba, de manera que las variaciones que quizá existen entre ellos no se puedan atribuir a la variable geográfica.
- Se trata de fragmentos descontextualizados que no han sido intervenidos, por lo que no existe el riesgo de que los análisis que se realicen sobre ellos den resultados no congruentes debidos a productos y tratamientos de restauración.
- Finalmente, se ha tomado como factor determinante para su selección el hecho de que presentaran una cronología fiable.

Por último, las tres épocas escogidas responden a dos necesidades: los fragmentos de época emiral y califal se han seleccionado por la necesidad de estudiar algunas pinturas de cronología posterior, mientras que los fragmentos de pintura mural romana se han elegido como patrón base en la comparación con los revestimientos murales romanos de *Castulo*, corroborando de esta manera que presentan multitud de similitudes y que, por lo tanto, los resultados obtenidos en cuanto a evolución de la técnica se refiere se pueden extrapolar, en cierta medida, a los revestimientos castulonenses.

De este modo, los ejemplos cordobeses estudiados corresponden a:

- una decoración parietal romana procedente de la excavación de Parque Infantil de Tráfico,
- un revestimiento de época emiral procedente de la excavación de Miraflores,
- una pintura mural de época califal hallada en la excavación de Hospital Reina Sofía.

1.1.3.- Documentación gráfica y fotográfica

Durante todo el trabajo de investigación que aquí se presenta era necesario realizar una exhaustiva documentación gráfica y fotográfica de todos los procedimientos que se han llevado a cabo. Este proceso abarca desde el análisis de muestras hasta la documentación

de los ensayos de tratamiento, empleándose incluso como apoyo para la evaluación de los mismos. No obstante, ha resultado ser un aspecto fundamental en la representación de los grandes paneles de pintura mural castulonenses.

Para el registro y la documentación de los fragmentos de pintura mural se ha utilizado la metodología comúnmente aceptada consistente en la realización de fotografías y de calcos o dibujos de la decoración (Barbet, 1987).

En el caso de las fotografías realizadas, éstas han sido tomadas con escala y carta de color, de forma que quedasen registradas las dimensiones de los fragmentos y que la representación de los tonos de la capa pictórica fuese lo más fidedigna posible. La cámara fotográfica utilizada para ello ha sido una Nikon D5300 con pantalla abatible y un objetivo AF-S Nikkor 18-105 mm con VR. Siempre que las circunstancias lo permitían, se ha contado con la asistencia de un trípode para realizar la toma fotográfica.

Sin embargo, en algunas ocasiones la riqueza de la decoración de la capa pictórica sólo es apreciable a simple vista, no quedando reflejada a través de la documentación fotográfica; es por ello que ésta se ve completada con un registro gráfico a través de la realización de calcos digitales (Íñiguez Berrozpe, 2014). Esto ha permitido, además, efectuar en ocasiones una restitución gráfica de los elementos decorativos faltantes, haciendo más comprensible el esquema decorativo.

La documentación gráfica de calcos digitales se ha realizado a través del programa Adobe Photoshop CS5. Para ello se ha tomado como base una fotografía digital del fragmento a documentar, teniendo precaución de que la toma de la misma fuese completamente ortogonal a la capa pictórica, reduciendo de esta manera las deformaciones provocadas por la perspectiva y la óptica. La razón por la cual no se han realizado calcos directos sobre los fragmentos que sirviesen de base para su posterior digitalización es que, en ocasiones, algunos detalles de la decoración eran tan débiles que al superponer el film transparente para la realización del calco, su apreciación se atenuaba sobremedida, por lo que la mejor forma de registrarlos era teniendo una base digital y traspassando en ella lo que se identificaba con el análisis *a visu* (Fig. 1).



Figura 1: Realización de calco digital de los revestimientos de época tardoantigua.

Finalmente, en el caso de los revestimientos murales de época tardoantigua procedentes del Conjunto Arqueológico de Cástulo, debido a su mal estado de conservación y a la escasa policromía que se aprecia, se ha decidido realizar, además del calco que refleja la decoración

existente, una reconstrucción virtual. Este tipo de herramientas y aplicaciones cada vez está más extendida en la difusión del patrimonio arqueológico; de esta manera, la arqueología virtual se está convirtiendo en una herramienta bastante común, empleada cada vez más en los distintos yacimientos (Grande & Rodríguez Hidalgo, 2011; López Rodríguez, Serrano Lara & Expósito Mangas, 2016).

Para que dicho procedimiento no pierda el carácter científico en favor de la espectacularidad, en los últimos años se ha comenzado a difundir una serie de pautas y recomendaciones para su desarrollo, tales como la Carta de Londres² y los Principios de Sevilla³. En este último documento se refleja el principio de autenticidad, donde se indica que “cuando se realicen restauraciones o reconstrucciones virtuales se debe mostrar de forma explícita o bien mediante interpretación adicional los distintos niveles de veracidad en los que se sustenta la restauración o reconstrucción”. Es por ello que junto al calco que presenta la reconstrucción virtual de la policromía se adjunta otra imagen donde se aprecia, según una escala de colores, el nivel de veracidad y de evidencia de lo representado.

En este sentido, y tomando como base la escala de representación de la evidencia histórica creada por Aparicio Resco y Figueiredo (2016), se señalan con una graduación de tonos el porcentaje de veracidad de los distintos elementos representados (Fig. 2). De esta manera, en color granate oscuro se presentan los elementos que tienen una veracidad del 90-100%, ya que se ha conservado casi la totalidad de la policromía; en otros dos tonos más bajos (veracidad del 70-80% y del 10-30%), aquellas zonas donde la policromía no se conserva en su totalidad o donde, debido al deterioro que presenta el revestimiento, resulta complicada su correcta lectura, pero que por el porcentaje conservado y el esquema compositivo general del revestimiento se puede conjeturar su existencia; a su vez, en tono rosa claro se señala la decoración con una veracidad del 5-10%, ésta corresponde concretamente a las franjas azules, ornamentación que se ha presupuesto a partir de pequeños restos de pigmento azul encontrados en algunas de esas zonas, y solo perceptibles *a visum*; finalmente, en ocre se han señalado los elementos cuya veracidad es del 0-5%, ya que no se conserva ninguna policromía y son detalles que se han imaginado al extrapolar los datos conocidos del esquema compositivo.

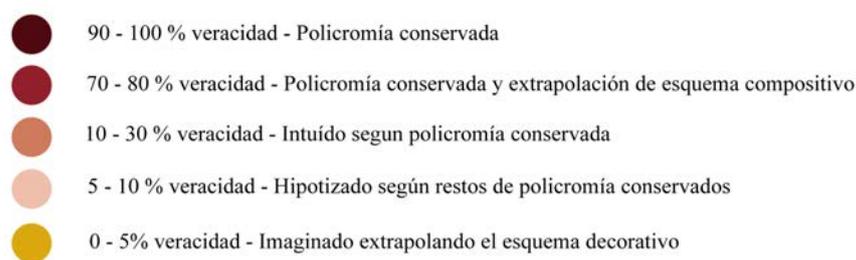


Figura 2: Escala de veracidad correspondiente a la reconstrucción virtual realizada de la decoración presente en los revestimientos de época tardoantigua.

² La Carta de Londres para el uso de la visualización tridimensional en la investigación y divulgación del patrimonio cultural. Accesible en: <http://www.londoncharter.org>

³ Los principios de Sevilla. Principios internacionales de la arqueología virtual. Accesible en: <http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2016/06/PRINCIPIOS-DE-SEVILLA.pdf>

1.1.4.- Caracterización de materiales

Dado que es imposible intervenir correctamente una obra que no se conoce en profundidad, resulta de obligado cumplimiento realizar una caracterización de los materiales y de la técnica de ejecución de cualquier revestimiento mural antes de plantear los tratamientos que se pueden aplicar para su restauración (Vlad Borrelli, 2015). En el caso de esta tesis doctoral, además, esta fase de trabajo adquiere vital importancia dado que ayudará a la consecución de uno de los objetivos principales en ella planteados.

No fue hasta 1973 cuando, a raíz de un coloquio celebrado en París, se empieza a notar la necesidad de la inclusión de las técnicas analíticas en el campo de la arqueología; es entonces cuando comienza a desarrollarse lo que al final se definió como Arqueometría (Guiral Pelegrín & Mostalac Carrillo, 1994a). Gracias a ello, las técnicas han ido avanzando cada vez más, persiguiendo una mayor conservación de la obra a la vez que aumenta la información que se obtiene de la misma.

Sin embargo, la caracterización de la técnica con la que se ha efectuado una pintura mural no resulta sencilla. En primer lugar, el procedimiento de la pintura al fresco, dependiendo de si se ejecuta de una manera o de otra, puede dar resultados distintos, en ocasiones parecidos a los obtenidos al aplicar otras técnicas, por lo que el examen *a visu* de una obra puede inducir a error si no se coteja con otros análisis. Asimismo, la identificación de ciertos compuestos no implican necesariamente el uso de una técnica: de este modo, la determinación de un aglutinante orgánico no supone, inequívocamente, que dicha pintura se haya efectuado con la técnica al seco, así como la no identificación de sustancias orgánicas implica que se haya elaborado al fresco. Por otro lado, al tratarse de un material muy heterogéneo fruto de una labor artesanal, la caracterización de una sola muestra o el empleo de una única técnica no resulta representativo; es por ello que se debe recurrir al estudio de diversas muestras y el empleo de técnicas complementarias para la obtención de resultados fiables.

Finalmente, se debe tener siempre presente el respeto manifestado a la obra; en este sentido, la toma de muestra tiene que ser mínima, en lugares en los que no interfiera la visibilidad ni la legibilidad de la misma y por razones siempre justificadas.

1.1.4.1.- Toma de muestras

La veracidad en la interpretación de los resultados de los análisis efectuados depende, esencialmente, de dos factores: la selección de las muestras y la confrontación de la coherencia de los resultados obtenidos (Mora, Mora & Philippot, 2003).

Es por ello, que a la hora de tomar las muestras se ha buscado que sean representativas de la obra completa a estudiar, que estén lo menos alteradas posibles y que su localización y la cantidad de muestra que se tome no afecte a la imagen de la obra. Asimismo, se ha intentado tomar las muestras de las zonas que presentan más estratos o cuya información puede ser más completa, ya sea por sus características técnicas o estéticas, el objetivo es que con un mínimo de muestra se pueda obtener una información lo más completa posible.

De este modo, en todos los casos se ha tomado un número de muestras reducido de manera que, por un lado, se disminuye al mínimo la agresión a la obra y, por otro, se evita la multiplicación del número de muestras que no aportan información nueva y hacen más complejo el manejo de los resultados. En total se han tomado 126 muestras: 79 correspondientes a los revestimientos murales de época romana de *Castulo*, 16 a las pinturas murales de época tardoantigua del mismo yacimiento, 11 muestras tomadas de las pinturas procedentes de la excavación de Parque Infantil de Tráfico, 9 muestras correspondientes a los revestimientos de la excavación de Miraflores y, finalmente, 11 muestras tomadas de las pinturas califales de la excavación de Hospital Reina Sofía. Todas ellas fueron estudiadas, caracterizadas y fotografiadas con el microscopio estereoscópico. A partir de la información obtenida se escogieron 118 para ser estudiadas con otras técnicas analíticas más complejas. Como se ha señalado anteriormente, uno de los criterios de selección para éstas ha sido su representatividad y la información que aportan, escogiendo aquellas que contenían un mayor número de estratos.

Por otro lado, se han tomado un total de 54 muestras de los distintos estratos de mortero para la realización de estudios de granulometría y para conocer la relación entre aglomerante y árido. Las muestras corresponden a los estratos de mortero existentes en cada revestimiento: tres estratos en los revestimientos romanos y un estrato en las pinturas murales tardoantiguas, ambas procedentes de *Castulo*, tres estratos para los revestimientos romanos de Córdoba, y un estrato para las decoraciones emirales y califales procedentes también de la misma localidad. En este caso, las muestras corresponden a fragmentos descontextualizados, por lo que ha sido posible tomar tres muestras de cada estrato.

1.1.4.2.- Nomenclatura

En este tipo de trabajos, la localización e identificación de las muestras resulta fundamental. Además, dada la cantidad de pinturas examinadas y el número de muestras generado, ha resultado imprescindible la aplicación de un código de nomenclatura específico para este trabajo, de manera que la identificación de las muestras resulte rápida e inequívoca. Por la misma razón, y dado que este trabajo de investigación es continuación tanto de un TFG como de un TFM, ha sido necesario la homogeneización de la nomenclatura en cuanto a las muestras procedentes de los revestimientos murales romanos de *Castulo* se refiere.

Por ello, se ha utilizado una nomenclatura que en primer lugar coincidía con la numeración arqueológica del fragmento del que procedían añadiéndole el color que presentaban, de este modo la muestra no se descontextualiza de la excavación. Sin embargo, esta numeración es excesivamente compleja para su manejo en procesos posteriores, por lo que se les ha adjudicado otra nomenclatura más sencilla que facilitara y agilizara su manejo, evitando así posibles errores.

De esta manera, la nomenclatura presenta tres niveles:

El primer nivel corresponde a una o varias letras que contextualizan la muestra en el revestimiento mural al que pertenece. De esta forma, las muestras procedentes de las pinturas murales de época romana del Conjunto Arqueológico de Cástulo están identificadas con la

letra R; los revestimientos de época tardoantigua provenientes del mismo yacimiento se corresponden con las letras TA; las muestras originarias de la excavación de Parque Infantil de Tráfico se identifican con las letras PIT; las correspondientes a los revestimientos de la excavación de Miraflores, con las letras MIR y, finalmente, las muestras tomadas de las pinturas murales correspondientes a la excavación de Hospital Reina Sofía se identifican con las letras HRS (Tabla 1).

El segundo nivel corresponde a un número que ordena de manera correlativa las muestras procedentes del mismo revestimiento; de esta manera, cuando existen dos o más muestras del mismo color proveniente de la misma pintura mural, éstas no se pueden confundir.

El último nivel se refiere a la procedencia exacta de la muestra dentro del revestimiento, indicando el color o el estrato de mortero del que procede. En cuanto a los estratos de mortero, se han numerado de dentro hacia afuera siendo el primer estrato el más interno, mientras que el tercer o cuarto estrato corresponde al enlucido o *intonachino*; en el caso concreto de los revestimientos de época romana de *Castulo*, a pesar de que se han identificado cuatro estratos de mortero sólo ha sido posible tomar muestra de los tres últimos. Asimismo, las muestras ya estudiadas de estos revestimientos durante los trabajos anteriores son aquellas cuya nomenclatura comprende entre la R21 y la R45.

De manera paralela a las muestras empleadas para la caracterización de los materiales constitutivos, se han escogido muestras de los distintos estratos de mortero para el estudio analítico de los mismos. Su nomenclatura está compuesta por cuatro niveles: una M para indicar que la muestra corresponde a los ensayos citados, las siglas del yacimiento de procedencia, el número de estrato al que corresponde y, finalmente, entre paréntesis, el número de muestra dentro del mismo estrato. Además, las muestras destinadas al análisis de la relación alomerante-árido han sido señaladas con una doble A (Tabla 2).

En el anexo 2 se adjunta una tabla en la que quedan resgistradas todas las muestras tomadas y los análisis realizados a cada una de ellas.

Nomenclatura	Revestimiento mural
R	Pinturas murales romanas de <i>Castulo</i>
TA	Pinturas murales tardoantiguas de <i>Castulo</i>
PIT	Pinturas murales romanas de Córdoba
MIR	Pinturas murales emirales de Córdoba
HRS	Pinturas murales califales de Córdoba

Tabla 1: Nomenclatura correspondiente a la procedencia de las distintas muestras.

Nomenclatura	Procedencia	Tipo de estudio	Nº estrato	Nº muestra
MR2 (1)	PM romana de <i>Castulo</i>	Estudio granulométrico	2º Estrato	1
MR2 (2)	PM romana de <i>Castulo</i>	Estudio granulométrico	2º Estrato	2
MR3 (1)	PM romana de <i>Castulo</i>	Estudio granulométrico	3º Estrato	1
MR3 (2)	PM romana de <i>Castulo</i>	Estudio granulométrico	3º Estrato	2
MRAA2 (1)	PM romana de <i>Castulo</i>	Relación aglomerante-árido	2º Estrato	1
MRAA3(1)	PM romana de <i>Castulo</i>	Relación aglomerante-árido	3º Estrato	1

Tabla 2: Ejemplo de nomenclatura de las muestras empleadas en el estudio analítico de los morteros

1.1.4.3.- Técnicas analíticas empleadas

A continuación se indican las distintas técnicas analíticas que se han utilizado en este trabajo para la caracterización de los materiales constitutivos y la técnica de ejecución, especificando sus características técnicas y la funcionalidad con la que se han empleado.

Microscopía estereoscópica: como se ha indicado anteriormente, se ha realizado un primer estudio mediante microscopio estereoscópico NIKON SMZ1000. Esta técnica presenta dos grandes ventajas: por un lado, permite observar en mayor profundidad el mortero otorgando una imagen ampliada de los distintos estratos, así como las características macroscópicas de la capa pictórica; por otro, favorece la selección de las muestras a analizar mediante técnicas complementarias, reduciendo el número de muestras a estudiar con métodos más complejos y, por lo tanto, facilitando el trabajo además de reducir los costes.

El microscopio estereoscópico es un método sencillo pero muy útil que posibilita hacer estudios de textura y de color, así como analizar la superposición de estratos de la capa pictórica y la granulometría del mortero. Tal y como indican Guiral Pelegrín & Mostalac Carrillo (1994a): “Con ella se puede distinguir el aspecto de la superficie pictórica y por lo tanto, extraer datos relativos a la aplicación de la pintura, tales como las características del pincel, la existencia de trazos preparatorios, no perceptibles a simple vista, el sentido de aplicación de la pintura, etc.” (p.111). La cámara que lleva incorporada (DS-U3 Digital Camera) ha permitido la toma de fotografías de cada una de las muestras, tanto de superficie como del corte estratigráfico.

Asimismo, esta técnica ha permitido la preparación de las muestras que iban a ser analizadas posteriormente en el microscopio electrónico de barrido (SEM), montadas directamente en portamuestras y sin metalizar. La toma de fotografías de estas muestras facilita sobremanera su estudio en el SEM dado que ofrece una referencia visual a color de lo que en el microscopio electrónico se ve sólo en escala de grises; de esta manera, se puede elegir concretamente el punto a analizar teniendo, además, la referencia del color, aspecto que en este estudio se hace indispensable puesto que dos pigmentos de distinto color pueden tener la misma composición elemental.

Microscopía óptica polarizada con luz reflejada (MOP): es una técnica básica para la identificación de fases y aspectos texturales, permite tomar imágenes en color muy útiles para el estudio, además de ser complementaria a otras técnicas de análisis. Ha permitido el estudio de la superposición de capas pictóricas, así como un análisis preliminar de pigmentos y aglutinantes, empleando ensayos microquímicos y de coloración selectiva de capas. Para ello, ha sido necesario preparar las muestras en forma de láminas delgadas labor que se ha llevado a cabo en el Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada. Para estos estudios se han empleado los microscopios Carl Zeiss-Jena Jenalab y Olympus BX-60, este último equipado con sistema de microfotografía DP-20, del Departamento de Mineralogía y Petrología⁴.

Microscopía electrónica de barrido (SEM): proporciona estudios composicionales y texturales en las estratigrafías pictóricas. Permite la obtención de imágenes de electrones retrodispersados, así como microanálisis puntuales por dispersión de energía de rayos X (Energy Dispersion X-ray, EDX), caracterizando la composición elemental de la muestra. Para ello se ha utilizado el microscopio electrónico de barrido S-510 de HITACHI, equipado con un espectrómetro de energía dispersiva de rayos-X (EDX), Röntec, M Series, Edwin, Si (Li) y empleando el software de microanálisis Edwin de Röntec (CIC, Universidad de Granada)⁵, que ha permitido un análisis elemental del último estrato de mortero y de las capas de policromía, además de una imagen de la estructura material de la pintura en función del peso atómico de los materiales.

Para el análisis mediante microscopía electrónica de barrido las muestras han sido preparadas de tres maneras distintas. En primer lugar, algunas de ellas han sido montadas directamente sobre un portamuestras con cinta de carbón; éstas no han sido metalizadas, haciendo posible el posterior análisis por otras técnicas de aquellas muestras que tuviesen un mayor interés. En segundo lugar, las muestras preparadas en láminas delgado-pulidas empleadas en el estudio mediante microscopía óptica han sido cubiertas de una fina capa de carbono para su estudio en el microscopio electrónico. Finalmente, otro número de muestras ha sido preparado en probetas pulidas y han sido, igualmente, metalizadas por una fina capa de carbono. Las probetas pulidas han sido preparadas en el Laboratorio de preparación de muestras minerales (PLD), mientras que la metalización de todas las muestras se ha llevado a cabo en el Laboratorio de preparación de muestras biológicas (PMB), ambos del Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada.

Difracción de rayos X (DRX): esta técnica ha permitido la identificación de las fases minerales cristalinas constituyentes del mortero, además de la cuantificación de su proporción. Los análisis presentes en este trabajo se han realizado mediante el método de difracción de polvo con un difractómetro PANalytical X'Pert Pro con detector lineal de estado sólido X'Celerator del Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada y con un difractómetro BRUKER D8 ADVANCE con detector BRUKER

⁴ Las fotografías tomadas con el microscopio óptico han sido realizadas por la doctora Olimpia López Cruz (Departamento de Pintura, Universidad de Granada).

⁵ Los análisis de microscopía electrónica de barrido han sido realizados por la doctora Rocío Márquez Crespo (Centro de Instrumentación Científica, Universidad de Granada).

LINXEYE del Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada. Las condiciones de análisis en el primer caso han sido: radiación CuK_α 45Kv de potencial y 40mA de intensidad, usando un barrido continuo entre 3° y 50° de 2θ , 20 segundos de tiempo de medida en cada paso y una velocidad de barrido de 3° de 2θ por minuto. En el caso del difractómetro BRUKER D8 ADVANCE, la radiación empleada ha sido de CuK_α 40Kv de potencial y 40mA de intensidad, rango de 2θ de 5° a 80° , $\text{step} \approx 0.04^\circ$ y un tiempo de medida de 192 sg/step⁶. Para el procesamiento de datos de todos los difractogramas y la identificación de compuestos se ha utilizado el programa X PowderX. Es importante señalar que la cuantificación que se ha realizado del árido de las muestras es aproximada.

Finalmente, la identificación de productos orgánicos que actúen como aglutinantes presenta grandes dificultades debido al pequeño tamaño de la muestra y al envejecimiento y degradación del material (Guiral Pelegrín & Mostalac Carrillo, 1994a). Es importante recalcar, como se ha citado anteriormente, la problemática que presenta la identificación de sustancias orgánicas debido a su degradación, así como señalar que la no identificación de ninguna de ellas no implica, inequívocamente, su no utilización. Con la finalidad de reconocer la presencia de aglutinantes o sustancias orgánicas en las pinturas objeto de estudio de este trabajo se han realizado los siguientes análisis en el laboratorio Larco Química y Arte⁷:

Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier: se ha empleado principalmente en el análisis de las preparaciones y los componentes de recubrimientos o barnices. Los análisis se han llevado a cabo entre 4400 cm^{-1} y 370 cm^{-1} , en pastillas de KBr o mediante análisis superficial usando la técnica UATR (Universal Attenuated Total Reflectance).

Cromatografía en fase gaseosa acoplada a espectrometría de masas: ha sido utilizada para la determinación de sustancias lipófilas como aceites secantes, resinas y ceras; y de sustancias hidrófilas, como las proteínas y las gomas – polisacárido (goma arábiga y productos afines). Para los análisis de sustancias lipófilas, las muestras se tratan con el reactivo de metilación Meth-prep II. Para los hidratos de carbono y las proteínas se lleva a cabo una hidrólisis con HCl 6M asistida por microondas y una derivatización con BSTFA en piridina de los ácidos grasos, aminoácidos y monosacáridos resultantes.

1.1.4.4.- Estudio analítico de los morteros

A pesar de la importancia que recae sobre la caracterización química y mineralógica de los diferentes componentes que constituyen un mortero, ésta es insuficiente para alcanzar el conocimiento completo de sus características y comportamiento. Es por ello que estos análisis se deben completar con estudios acerca de las características físicas y mecánicas del mismo (Garófano Moreno, 2015).

En el caso del trabajo de investigación que aquí se presenta, la caracterización de materiales

⁶ Los análisis realizados mediante el difractómetro PANalytical X'Pert Pro han sido realizados e interpretados por la doctora Olimpia López Cruz (Dpto. de Pintura, Universidad de Granada), mientras que los realizados mediante el difractómetro BRUKER D8 ADVANCE han sido realizados por el doctor José Romero Garzón (CIC, Universidad de Granada) e interpretados por la doctoranda.

⁷ Los análisis de aglutinantes han sido realizados por el Doctor Enrique Parra Crego.

constitutivos de los distintos estratos de morteros llevada a cabo a través de la microscopía estereoscópica, la microscopía óptica, la microscopía electrónica de barrido y la difracción de rayos X, se ha visto complementada mediante un estudio de distribución granulométrica y un análisis de la relación aglomerante-árido efectuado en cada estrato de mortero de los distintos revestimientos murales aquí estudiados.

Estudio granulométrico: según Rodríguez Gordillo (2005) las medidas granulométricas “determinan la distribución de tamaños de áridos y demás componentes “suelos” tras un ligero machaqueo. Permite conocer dosificaciones y otros datos técnicos sobre la elaboración del mortero. Es una técnica destructiva que requiere también en este caso de una considerable cantidad de muestra” (p. 178). En este caso, la cantidad de muestra necesaria no ha supuesto un problema, ya que los fragmentos descontextualizados de los que se han tomado las muestras presentan una cronología fiable y aportan gran cantidad de información pero su valor artístico resulta escaso.

Para la realización de este ensayo se ha empleado una adaptación de la norma UNE-EN 933-1 “Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado”. El objetivo que queda registrado en esta norma es la definición de un método, empleando tamices, para la determinación de la granulométrica del árido.

Para ello, se han analizado tres muestras de cada uno de los estratos de mortero identificados en las distintas pinturas murales cuya preparación ha consistido, por vía seca, en la disgregación manual y con la ayuda de un mortero de vidrio de manera que se separasen los distintos áridos de la matriz sin llegar a romperse. Una vez disgregada la muestra se ha pesado obteniendo un peso inicial. Para esta primera medida, así como para todas las sucesivas tanto en este ensayo como en el ensayo de ataque con ácido se ha empleado una balanza de precisión Mettler AE163 DQA 16 001, del Departamento de Química Analítica de la Universidad de Granada, empleando cuatro decimales.

Una vez disgregada la muestra se ha vertido la carga en una columna de tamices normalizados⁸ ensamblados en orden decreciente de tamaño de luz de malla (Fig. 3); éstos han sido los siguientes: 2.500, 1.250, 1.000, 0.800, 0.250, 0.125, 0.080 y 0.063 mm. El tamizado se ha llevado a cabo agitando manualmente la columna de tamices durante 2 minutos aproximadamente y retirando, tras ello, los tamices uno a uno, comenzando con el de mayor tamaño de abertura. En el proceso de retirada de cada tamiz se han agitado individualmente, comprobando que no se perdía material utilizando para ello una tapa que cubriese el tamiz de menor luz de malla. Tras ello, se ha pesado el material retenido por cada tamiz quedando registrado en el informe de ensayo que indica la norma.



Figura 3: Tamizado de las muestras de mortero por vía seca.

⁸ Los tamices empleados en este ensayo tienen un certificado de conformidad con el pedido según UNE-EN 10204 (2.1) y siguen la norma ISO 3310-1:2000.

Finalmente, los resultados obtenidos han sido representados gráficamente a través de una curva de distribución granulométrica.

Identificación de la relación aglomerante-árido: la determinación de la relación aglomerante-árido se ha realizado por el método gravimétrico de precipitación química tras el ataque de la muestra con ácido clorhídrico. Para ello se han tomado como referencia distintos ensayos realizados siguiendo ese método en otros ejemplos de morteros históricos (Álvarez, Martín, García Casado, Navarro & Zornoza, 1999; Flores Alés, Guiraúm Pérez & Barrios Sevilla, 1997).

En primer lugar se ha efectuado una disgregación manual de la muestra, nuevamente ayudado en ocasiones con el empleo de un mortero de vidrio. Una vez molida la muestra se ha pesado con la misma balanza de precisión empleada en el ensayo anterior.

Tras ello, se ha realizado el ataque de ácido con una disolución de ácido clorhídrico 3M en proporción 1:5. Esta disolución se ha tenido en un baño de arena durante 30 minutos agitando suavemente con una varilla de vidrio cada cierto tiempo. En los casos en los que pasados los 30 minutos continuase habiendo efervescencia, se ha mantenido el vaso de precipitado en las mismas condiciones hasta que ésta ha finalizado.

Una vez concluido el ataque con ácido y antes de proceder al filtrado de las disoluciones, se han pesado los distintos papeles de filtro. Los empleados en este ensayo han sido papeles de filtro para análisis cuantitativo FILTER-LAB de 150 mm de diámetro, de filtración medio-lenta con gramaje de 80gr/m², espesor de 0.170, cenizas <0.01 y de 7-9 µm de poro. Después de filtrar las disoluciones se ha vertido agua destilada, aclarando el filtro hasta que, midiendo con una tira de pH, se ha comprobado que la disolución que pasaba resultaba neutra (Fig. 4). Los papeles de filtro con los sedimentos restantes del ataque de ácido se han metido en la estufa a una temperatura de 105° durante 5 horas para su completo secado.

Finalmente, se ha procedido al peso de los papeles de filtro con los sedimentos resultantes y se han realizado los cálculos pertinentes obteniendo una gráfica en la que se representa la relación entre aglomerante y árido de cada muestra.

Para constatar la veracidad del ensayo y tener un punto de referencia con las proporciones normalmente empleadas en los morteros tradicionales, se han analizado tres muestras correspondientes a tres probetas realizadas a tal efecto, elaboradas con árido de sílice y cal en pasta siguiendo las proporciones empleadas tradicionalmente de cal y árido, éstas son 1:1, 1:2 y 1:3.



Figura 4: Filtrado de las disoluciones de las muestras de mortero para establecer la relación entre aglomerante y árido.

1.2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE LOS TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN

Tal y como queda registrado en el artículo 8 de la Carta del Restauo de 1972: “Toda intervención sobre la obra, o junto a ella, según los fines definidos en el artículo 4, debe realizarse de tal forma y con tales técnicas y materiales que puedan dar la seguridad de que en el futuro sean posibles nuevas intervenciones de salvaguardia o restauración. Además, toda intervención debe ser estudiada previamente [...]” (Brandi, 1977a). Siguiendo este artículo y con la intención de conseguir uno de los objetivos principales de esta tesis doctoral, se han realizado diferentes ensayos de tratamiento para la restauración de los revestimientos murales de procedencia arqueológica aquí estudiados.

Dichos ensayos se han llevado a cabo en pequeños fragmentos de estas pinturas murales que estaban descontextualizados, de manera que no han afectado en la comprensión y legibilidad de la obra.

La realización de estos ensayos sobre material de la propia obra en vez de su ejecución sobre probetas presenta ventajas e inconvenientes. Por un lado, el envejecimiento y deterioro que presenta la obra es muy similar en ambos casos, aunque a la vez más heterogéneo, ya que a pesar de encontrarse en una misma excavación, las condiciones de conservación pueden ser bastante diferentes, es por esto que no se puede realizar un análisis cuantitativo de manera sencilla ya que cada fragmento puede presentar diferencias con respecto al resto. Por el contrario, las probetas presentan un deterioro homogéneo pero que, aun sometiéndolas a procesos de envejecimiento acelerado, los resultados poco tienen que ver con el material real, por lo que la información obtenida sería orientativa y, desde luego, no completamente fiable. Es por esto que finalmente se ha optado por el material descontextualizado que en el caso de la pintura de origen arqueológico supone la oportunidad de aplicar una metodología de trabajo de gran interés y de resultados probados en otros trabajos como, por ejemplo, en los fragmentos de yesos arqueológicos procedentes del Alcázar de Guadalajara (Jroundi, Gonzalez-Muñoz, García-Bueno & Rodríguez-Navarro, 2014).

El objetivo principal de este trabajo es, y ha sido siempre, la realización de ensayos de consolidación. Sin embargo, los revestimientos murales procedentes de la Sala del Mosaico de los Amores presentaban por toda la capa pictórica de color rojo concreciones de carbonatos de una dureza considerable. Dado que si se aplicaban los tratamientos de consolidación sobre la superficie antes de eliminar dichas concreciones no resultaba posible la correcta evaluación del tratamiento, además de provocar una mayor fijación de los carbonatos y dificultar su posterior eliminación, se ha estimado realizar pruebas de limpieza también en dichos revestimientos. Por otro lado, ya que los tratamientos de limpieza pueden producir cambios en el aspecto de la capa pictórica, se ha considerado oportuno evaluar algunos tratamientos de limpieza aplicables a la eliminación de carbonatos, sopesando su efectividad y analizando los cambios cromáticos que producen en la superficie. La razón por la que no se ha extendido los ensayos de limpieza al resto de revestimientos es que el estado de conservación que presentan el resto, en lo que se refiere a suciedad y presencia de sales, es mucho mejor.

1.2.1.- Revisión bibliográfica

Al igual que se ha realizado para la caracterización de materiales, el primer paso que se ha llevado a cabo ha sido la búsqueda de información, esta vez encaminada a la revisión de los distintos procedimientos empleados en la intervención de pinturas murales arqueológicas, sopesando de esta forma los posibles tratamientos a seleccionar en cada caso.

En las últimas décadas han sido cada vez más habituales los congresos y las reuniones donde expertos de todos los ámbitos aplicados al Patrimonio exponían los últimos avances en sus respectivos campos. Los resultados de todas esas reuniones se han traducido en diversas publicaciones tales como *Lo stato dell'arte*, *Convengo di Bressanone* o *Ciencia y Arte*, que unidas a revistas tanto de instituciones y centro de formación como *OPD*, perteneciente al Opificio delle Pietre Dure de Florencia, o *ARCHÉ*, producida por el Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia, así como a otras especializadas a nivel internacional como *Studies in conservation* o *Journal of Cultural Heritage*, han conseguido que la bibliografía existente en cuanto a intervenciones en el Patrimonio se refiere, sea cada vez más extensa y que, además, esté actualizada.

La búsqueda que en este trabajo se ha realizado ha ido encaminada no solo a la revisión de dichas publicaciones en las que se muestran los últimos avances, sino también a manuales clásicos y de referencia en el ámbito de la restauración de pintura mural, como es el caso de Mora, Mora & Philippot (1984) *La conservazione delle pitture murali*.

Con ella se ha perseguido, por un lado, escoger los tratamientos más adecuados para la problemática aquí planteada así como la manera más idónea para su aplicación y, por otro, buscar métodos válidos para la evaluación de los distintos ensayos, aspecto que sobretodo en el caso de los tratamientos de consolidación presenta grandes dificultades.

1.2.2.- Elección de los tratamientos a evaluar y aplicación de los mismos

A partir de la información recogida tanto en la revisión bibliográfica como en la caracterización de materiales constitutivos gracias a los análisis realizados, se han efectuado diferentes ensayos de tratamiento tanto de limpieza como de consolidación.

1.2.2.1.- Tratamientos de limpieza

La problemática de limpieza que presentan los revestimientos murales de época romana de *Castulo* es considerable, ya que los depósitos carbonatados están fuertemente adheridos a la capa pictórica, encontrándose en muchos casos más cohesionados y mejor adheridos al mortero que la propia capa pictórica. Además, los cambios de color que el pigmento rojo ha presentado en alguna ocasión, ha obligado a hacer un estudio en profundidad tanto del reactivo a utilizar como del procedimiento de aplicación.

Debido al polvo superficial y a las concreciones terrosas que presentaban los fragmentos, ha sido necesario realizar una primera limpieza superficial de manera mecánica con la ayuda de

un pincel de pelo suave y un bisturí (Fig. 5). Asimismo, se debe señalar que con la aplicación de los tratamientos no se pretende la eliminación completa de los carbonatos, ya que eso conllevaría una acción demasiado agresiva en la capa pictórica, sino su reblandecimiento para facilitar su posterior eliminación de manera mecánica.



Figura 5: Fragmentos en los que se han realizado los ensayos de limpieza.

Para la selección de tratamientos de limpieza se ha partido de la experimentación llevada a cabo en trabajos anteriores (López Martínez, 2015). Es por ello que se han escogido aquellos tratamientos que mejor equilibrio han mostrado entre la eliminación de los carbonatos conseguida y el cambio producido en la superficie. De esta forma, se han empleado dos disoluciones de agentes quelantes, concretamente una disolución saturada en agua destilada de sal de EDTA tetrasódica y una disolución acuosa al 1% de ácido cítrico, además de una sustancia tampón, mezcla de un ácido con una sal de ese mismo ácido que en este caso concreto ha sido ácido cítrico y citrato de triamonio⁹. Los tres tratamientos han sido aplicados mediante *impacco*, aunque se han empleado para ello dos agentes sustentantes distintos, de modo que fuese posible evaluar también las ventajas e inconvenientes que presenta un tipo de método respecto al otro.

El primer agente sustentante empleado ha sido la pulpa de celulosa, concretamente Arbocel BC 1000. Arbocel es el nombre comercial de la empresa CTS que ofrece tres longitudes distintas de fibras de celulosa, cada una de ellas con un nombre distinto (Arbocel BWW con una longitud de 200 μm , Arbocel BC 200 con una longitud de fibra de 300 μm y Arbocel BC 1000 con fibras de 700 μm). Aunque previamente se tomó la precaución de proteger la capa pictórica con papel japonés, aquí se ha escogido la de mayor longitud de fibra de forma que absorba lo suficiente el producto y no resulte complicado su eliminación, ya que usando longitudes menores se corre el riesgo de que penetren en la superficie porosa de la obra.

El segundo agente sustentante empleado ha sido Gellano Kelkogel. Éste es el nombre comercial, también de la empresa CTS, de un gel espesante constituido por un polisacárido complejo. El polvo de Gellano Kelkogel se prepara con agua destilada en una proporción de entre el 1 y 5% y se calienta hasta la obtención de una mezcla homogénea. Si se quiere añadir algún disolvente, éste se debe incorporar una vez disuelto el Gellano en el agua y cuando la temperatura de la disolución no alcance los 50°C. Tras ello, se extiende el líquido sobre una bandeja y se deja enfriar hasta que adquiera la forma de gel rígido transparente. Se ha

⁹ En los anexos se incluye un elenco de las fichas técnicas de todos los productos empleados, tanto en los ensayos de limpieza como en los de consolidación.

optado por este tipo de gel en lugar de por otros por su carácter semirrígido, evitando que deje residuos en la superficie pictórica, y por su aspecto transparente, que permite el control de sus efectos sobre la policromía.

Finalmente, se ha optado también por la evaluación de uno de los tratamientos tradicionales más empleados en la eliminación de carbonatos en la superficie de pintura mural. Se trata de la papeta AB57, mezcla desarrollada por el Istituto Centrale per il Restauro (ICR) de Roma consistente en una disolución de sales acompañadas de agentes quelantes, agentes tixotrópicos, tensoactivos y fungicidas.

1.2.2.2.- Tratamientos de consolidación

Como ya se indicó en el apartado de justificación y objetivos, dentro de las intervenciones de urgencia que se realizan en las excavaciones, la consolidación es una de las que más problemas plantea, pues debe adecuarse a la problemática de su aplicación *in situ*, además de permitir la posterior intervención de la obra en el laboratorio; es por ello que se decidió realizar ensayos de este tipo de tratamientos, escogiendo dos de los más empleados en arqueología, como son la resina acrílica y el silicato de etilo (Moreno Cifuentes, 1998), y comparándolos tanto con un tratamiento experimental de bioconsolidación, la carbonatogénesis bacteriana (Jroundi, González-Muñoz, García-Bueno & Rodríguez Navarro, 2014), como con productos de nueva incorporación, como son las nanocales y las partículas de nanosilicato de etilo (Costa, Dei, Giovagnoli & Ioele, 2007; Gómez-Villalba, López Arce, Fort González & Álvarez de Buergo, 2010).

Es importante señalar que en esta selección de tratamientos no se ha tomado en consideración si la pintura mural a tratar será colocada *in situ* en el propio yacimiento o si será expuesta en la sala de un museo con condiciones controladas de humedad y temperatura. Por el contrario, el objetivo de esta evaluación es la comparación de tratamientos empleados habitualmente en la consolidación de pintura mural arqueológica con aquellos que acaban de aparecer en el mercado y que todavía están en fase de estudio y desarrollo, analizando la problemática que se plantea en cuanto a su aplicación y la compatibilidad con posteriores intervenciones de la obra tanto en el laboratorio como en el propio yacimiento.

Del mismo modo, se debe especificar que los tratamientos aquí ensayados están aplicados como tratamientos de fijación, buscando que actúen como consolidante de la película pictórica y el estrato de mortero más superficial.

En los casos en los que no fue necesaria la realización de una limpieza química previa, antes de la aplicación del consolidante, y debido igualmente al estado de conservación que presentaba la película pictórica de los fragmentos, con deposiciones de polvo y tierra, fue necesario llevar a cabo una limpieza mecánica a través de un bisturí y pinceles de pelo suave; de esta manera existía la certeza que el consolidante actuase fijando la policromía y no la suciedad que ésta presentaba.

Para este estudio, por lo tanto, se han ensayado los siguientes consolidantes:

- Paraloid B72: resina acrílica al 100% a base de etil-metarcilato, distribuido por la casa

comercial CTS.

- Estel 1000: silicato de etilo con una viscosidad de 10 cp. a 25°C y con un contenido en materia activa de 75%, la empresa CTS lo comercializa preparado directamente en solución en White Spirit D40.

- Nanoestel: dispersión acuosa coloidal de sílice de dimensiones nanométricas comercializado por CTS.

- Nanorestore: consolidante superficial a base de hidróxido de calcio nanofásico en dispersión en alcohol isopropílico, distribuido también por la empresa CTS.

-Carbonatogénesis bacteriana: tratamiento de bioconsolidación que se basa en la formación de minerales mediante un proceso biológico. Para ello, se ha aplicado una solución nutritiva M-3P¹⁰, responsable de la activación de la microbiota presente en los muros históricos.

En cuanto a los modos de aplicación, se diferencian dos tipos: la resina acrílica, el silicato de etilo y el silicato de etilo nanofásico se han aplicado por impregnación con pincel de pelo suave, interponiendo papel japonés sobre la capa pictórica para protegerla. En los tres casos se ha realizado una aplicación del tratamiento diaria durante tres días consecutivos. Por el contrario, en el caso de la carbonatogénesis bacteriana y las nanocales, ambos han sido aplicados por nebulización: en el primer caso, realizando tres aplicaciones al día hasta saturación de la capa pictórica durante siete días consecutivos; y en el segundo, una aplicación al día durante seis días consecutivos. El tratamiento de la carbonatogénesis bacteriana se ha aplicado por duplicado en cada serie de fragmentos; en el segundo fragmento el tratamiento ha sido completado después de una semana aplicando un *impacco* con solución nutritiva sobre la capa pictórica durante dos horas, interponiendo igualmente papel japonés para su protección.

Tanto en el método de aplicación como en las proporciones empleadas en los consolidantes se han seguido las recomendaciones del fabricante. De este modo, el silicato de etilo y la carbonatogénesis han sido aplicados sin la necesidad de disminuir la concentración; por el contrario, el Paraloid B72 ha sido aplicado al 5% en una disolución de TACO 8¹¹, el nanoestel al 10% en agua destilada y, finalmente, el nanorestore se ha aplicado con una concentración del 25% en una mezcla de alcohol isopropílico y agua destilada en proporción 1:1.

En síntesis, cada tratamiento ha sido aplicado a un fragmento correspondiente a uno de los cinco revestimientos estudiados. De este modo, se han obtenido cinco series (una por cada tipo de pintura mural estudiada) con siete fragmentos cada uno (uno por cada tratamiento aplicado y un séptimo que se ha dejado como testigo sin tratar).

¹⁰ La solución M-3P ha sido proporcionada por el Departamento de Microbiología de la Universidad de Granada, concretamente por la doctora M^a Teresa González Muñoz.

¹¹ Con el fin de usar la menor cantidad de disolventes tóxicos posibles, se ha optado por emplear para la dilución de la resina acrílica, en lugar de un disolvente orgánico como el tolueno o el disolvente nitrocelulósico, una mezcla de tres disolventes menos tóxicos bajo una fórmula ideada por los profesores del Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR) de Roma, Maurizio Coladonato y Fabio Talarico. Bajo el nombre de TACO 8 se registra una mezcla de disolventes de volatilidad media compuesta por alcohol isopropílico, octano y acetona en una concentración de 45%, 32% y 23% respectivamente.

1.2.3.- Evaluación de los tratamientos

Una vez realizados los tratamientos se han valorado sus resultados con métodos objetivos. A la hora de analizar el comportamiento de un tratamiento se debe tener en cuenta tanto los cambios estructurales que produce en la materia como los cambios estéticos.

1.2.3.1.- Evaluación de los tratamientos de limpieza

En una intervención de restauración, la limpieza es el procedimiento que presenta un carácter más delicado y el que más controversia conlleva. Por un lado, pone en evidencia el criterio de reversibilidad que debe cumplir cualquier intervención (Bonsanti, 2002) y, por otro, trae a colación otro de los grandes debates existentes en torno a la restauración, como es el respeto a la pátina (Brandi, 1977b). Todo ello comporta la necesidad de adaptación del grado de limpieza a cada caso específico (Mora, Mora & Philippot, 2003), y es ahí donde reside la importancia de realizar los ensayos y la evaluación de los posibles tratamientos de limpieza previa a su aplicación.

Documentación fotográfica

Según se indica en el artículo 3 de los *Principios para la preservación, conservación y restauración de pinturas murales* ratificados por la 14ª Asamblea General del ICOMOS, en Victoria Falls, Zimbabue, en octubre de 2003, “la conservación y la restauración de las pinturas murales deben ir acompañadas de un programa de documentación, bien definido [...]. E incluso deberán documentarse todos los estadios del proceso de conservación, la restauración, los materiales y la metodología empleados” (ICOMOS, 2003). Además, uno de los métodos más inmediatos para la evaluación de un tratamiento consiste en un examen visual directo del aspecto inicial y final de la superficie.

Por todo ello, se ha realizado una extensa documentación fotográfica durante todo el proceso del ensayo, prestando especial atención en la toma de fotografías del estado inicial y del estado final de la capa pictórica. Se ha conseguido, por lo tanto, realizar un examen *a visu* general de la superficie, proporcionando una evaluación global de los tratamientos que servirá de base para las siguientes evaluaciones que se efectúen sobre aspectos más concretos de los tratamientos.

Para la toma de fotografías, al igual que para la documentación gráfica que se ha llevado a cabo durante toda esta tesis doctoral, se ha empleado una cámara fotográfica Nikon D5300 con pantalla abatible y un objetivo AF-S Nikkor 18-105mm con VR. Las fotografías han sido realizadas con carta de color y escala y estabilizando la máquina fotográfica con un trípode.

Evaluación de la superficie mediante microscopio estereoscópico

Se ha realizado un análisis de la superficie más pormenorizado. Escogiendo una zona

representativa del fragmento se ha evaluado mediante microscopía estereoscópica realizando una fotografía de la misma zona antes y después de aplicar el tratamiento, para lo que se ha usado un microscopio estereoscópico NIKON SMZ1000.

Tras ello, procesando las imágenes con un programa de edición digital, en este caso Photoshop CS5, se ha realizado un recuento del porcentaje de capa pictórica apreciable en un primer momento, antes de la aplicación del tratamiento, y del porcentaje de capa pictórica que se observaba tras la aplicación del tratamiento.

Este proceso ha evidenciado dos aspectos: en primer lugar, ha permitido el análisis más promenorizado de la superficie, caracterizando de manera más detallada las concreciones de carbonatos así como las alteraciones que puede sufrir la capa pictórica; en segundo lugar, ha posibilitado cuantificar la extensión de las concreciones antes y después de la aplicación del tratamiento, ofreciendo un análisis más objetivo de la efectividad de la limpieza.

Para la realización de esta evaluación, la toma de datos inicial se ha llevado a cabo una vez efectuada la primera limpieza mecánica en seco con pincel y bisturí.

Cuantificación del espesor de la suciedad eliminada

La mayoría de los métodos de evaluación de limpiezas empleados en el Patrimonio se basan en la valoración del aspecto final de la capa pictórica: cambios de color o de brillo, resistencia a la abrasión... (Del Ordi Castilla, Regidor Ros & Pasies Oviedo, 2010). Por el contrario, los que se centran en cuantificar la cantidad de suciedad eliminada, o bien se centran solo en la superficie que ocupan sin tener en cuenta si reducen el espesor de la capa, como el método anteriormente expuesto, o bien requieren de un equipamiento y un software específico que supone, en ocasiones, un alto coste; asimismo, en ocasiones, como sucede en el caso de la microscopía de barrido láser confocal, el método escogido no resulta resolutivo con desniveles en la superficie de la muestra superiores a 3 mm (Blanco Domínguez, Buj Fandos & Colucci, 2008).

Es por ello que para este estudio se ha propuesto una nueva metodología basada en el análisis del espesor de la capa de suciedad eliminada (López-Martínez, García-Bueno & Medina-Flórez, 2018). Para ello, se ha realizado mediante fotogrametría la digitalización de la capa pictórica de cada fragmento en su estado inicial y en su estado final, después de aplicar el tratamiento, y se ha efectuado un estudio comparativo de ambos modelos entre sí.

La fotogrametría consiste en una técnica de bajo coste, portable, flexible y sencilla que crea modelos 3D de gran calidad tanto en lo que se refiere a la geometría como en la textura (Koutsoudis, Bidmar, Ioannakis, Arnaoutoglou, Pavlidis & Chamzas, 2014). Ésta se basa en el parcial solapamiento de varias fotografías tomadas desde distintos ángulos de manera que reconstruyan la superficie externa y visible del objeto en tres dimensiones (Evin, Souter, Hulme-Beaman, Ameen, Allen, Viacava, Larson, Cucchi & Dobney, 2016).

A la hora de tomar las fotografías para la digitalización del fragmento, la iluminación y la posición del objeto cumplen un papel fundamental; éste se incrementa cuando se deben

realizar dos levantamientos del mismo objeto en dos momentos distintos, como sucede en este caso al necesitar un modelo correspondiente al estado inicial y otro correspondiente al estado del fragmento después de la limpieza.

Se debe tener en cuenta que la alineación de ambos modelos fotogramétricos se lleva a cabo señalando puntos en común visibles en las dos mallas y que, además, estén separados entre sí a una cierta distancia. Dichos puntos no se pueden escoger de la capa pictórica ya que tras aplicar el tratamiento de limpieza, la superficie de la misma varía. Dado que el mortero de los fragmentos estaba muy descohesionado y no existía la certeza de que se mantuviese invariable durante todo el proceso, y para evitar introducir elementos externos al fragmento que pudiesen cambiar, aunque fuese sólo milimétricamente, en su posición con respecto a la capa pictórica, se ha optado por realizar un contenedor donde introducir y fijar cada fragmento; de esta manera resulta posible manipular el fragmento durante todo el proceso sin correr el riesgo de modificar su volumen perdiendo puntos de alineación. Estos contenedores han sido fabricados en cartón de conservación de 3 mm de espesor de modo que su textura no dificulte la elaboración del modelo fotogramétrico.

Para la realización de cada modelo fotogramétrico se ha posicionado el fragmento junto con una escala en un soporte giratorio dentro de una caja de luz. Ésta ha sido iluminada con la iluminación general de la estancia además de con cuatro focos auxiliares (Fig. 6). La cámara ha sido posicionada sobre un trípode a cuatro alturas distintas, de manera que fuese el objeto solo el que girase y no la cámara fotográfica. A pesar de lo que indican I. Nikolov y C. Madsen (2016) sobre las ventajas de girar la cámara alrededor del objeto en lugar de viceversa, tras realizar una prueba al mismo fragmento efectuando la toma fotográfica alrededor del objeto o posicionando éste en una caja de luz sobre un soporte giratorio y manteniendo inmóvil la cámara, se ha notificado que la segunda opción daba como resultado un modelo de mayor precisión y detalle tanto en la textura como en la malla.



Figura 6: Toma de fotografías para la realización de los modelos fotogramétricos.

En total, se han efectuado aproximadamente 150 fotografías por cada modelo, realizando un giro completo del objeto a cada altura y ángulo de la cámara; ésta ha sido posicionada, en primer lugar, a ras de la superficie en la que se encontraba el objeto, a 0° con respecto a la horizontal, y tras ello en un ángulo de 25° , 50° y 75° con respecto a la horizontal. En los

cuatro casos se ha mantenido una distancia constante entre el objetivo y el fragmento de 20 cm. La cámara empleada ha sido, también en este caso, una Nikon D5300 con pantalla abatible y un objetivo AF-S Nikkor 18-105mm con VR. En todos los casos se ha mantenido la distancia focal fija en 18 mm, con una apertura de diafragma de f/22, 1/30 como tiempo de exposición, ISO-A 1100 y realizando el balance de blancos a partir de la fotografía.

La realización de los modelos fotogramétricos se ha llevado a cabo con el programa Agisoft Photoscan, efectuando máscaras en todas las fotografías y realizando la alineación de fotos en precisión alta, la creación de la nube de puntos densa en calidad alta al igual que la generación de la malla y la creación de la textura con modo de mapeado genérico y modo de mezcla mosaico, obteniendo modelos cuyas mallas varían entre 799.638 y 974.664 triángulos. Todo ello se ha llevado a cabo con un procesador Intel® Core™ i7 – 6500u a 2.50GHz, 16Gb de RAM y una tarjeta gráfica Nvidia GeForce 940 MX.

Una vez realizados los modelos se han exportado en formato .obj y se han importado en el programa Cloud Compare; éste es un software de acceso libre de edición y procesamiento de nubes de puntos 3D y mallas triangulares. En cada caso se han alineado los levantamientos fotogramétricos antes y después del tratamiento escogiendo, al menos, cuatro puntos homólogos que estuviesen visibles en ambos modelos y que mantuviesen entre ellos una cierta separación; para que la alineación sea válida, los puntos escogidos no pueden localizarse en un área pequeña, sino estar repartidos por todo el modelo.

Tras realizar la alineación de las dos mallas para su comparación se ha calculado la distancia existente entre ellas. Para ello se ha tomado como modelo de referencia el fragmento tras la limpieza y se ha calculado la distancia más cercana que existe entre los triángulos de éste y los vértices de la malla del mismo objeto pero en su estado inicial. Esta estimación ha dado como resultado mapas de color que oscilan del rojo al azul, siendo las zonas rojas los vértices que mantienen una mayor distancia con respecto al modelo de referencia en valores positivos, las zonas verdes, las que coinciden plenamente con la malla de referencia y, por último, las zonas azules las que presentan una mayor distancia con respecto al modelo de referencia pero, esta vez, en negativo (Fig. 7). En este caso, el color azul no debe aparecer en el fragmento pues significaría o que se ha agregado material al fragmento tras su estado inicial, o bien, que no es correcta la alineación de ambos fragmentos.

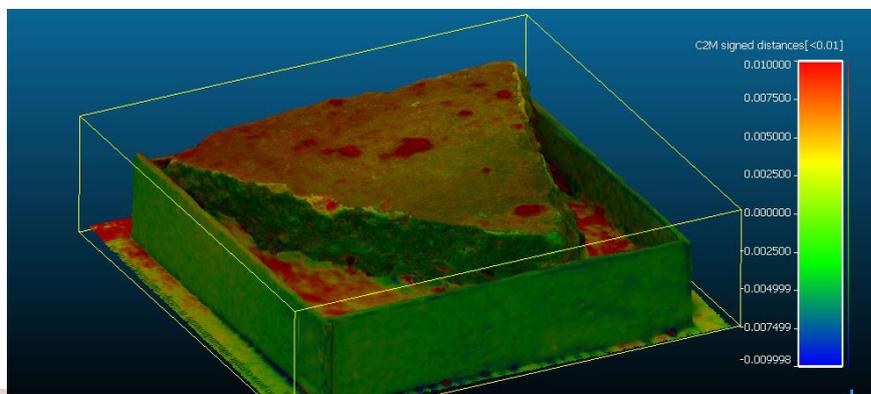


Figura 7: Comparación de los modelos fotogramétricos realizados al fragmento 01 antes y después de la limpieza.

Análisis de las variaciones del color de la capa pictórica

La medida objetiva instrumental del color resulta un aspecto fundamental en la evaluación de las variaciones cromáticas que presenta el patrimonio cultural. Además, al tratarse de una técnica no destructiva, se ha convertido en un método bastante apropiado para la evaluación de tratamientos de restauración y los cambios que éstos pueden provocar en la capa pictórica de la obra (Burrafato, Gueli, Stella, Olindo Troja & Zuccarello, 2007).

Existen diversos espacios cromáticos tridimensionales para representar geoméricamente el color mediante las correspondientes coordenadas. En este trabajo el espacio de color empleado ha sido el CIELAB, definido por la *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) en 1976 (ISO 11664-4:2008, CIE S 014-4/E:2007). Este espacio permite calcular las coordenadas cartesianas CIELAB (L^*_{10} , a^*_{10} y b^*_{10}), así como las correspondientes coordenadas cilíndricas, más relacionadas con los principales atributos perceptivos del color denominados claridad, L^*_{10} , croma, $C^*_{ab,10}$, y ángulo de tono, $h_{a,b,10}$. La **claridad**, L^*_{10} , corresponde a la luminosidad de una superficie con respecto a otra superficie de referencia blanca iluminada de idéntico modo; puede tomar valores entre 0, para una superficie totalmente negra, y 100, para un blanco de referencia ideal. El **croma**, C^*_{ab} , es la intensidad de color de una superficie. Por último, el ángulo de tono, $h_{a,b}$, indica el tono expresado en grados sexagesimales, de modo que ángulos de tono de 0°, 90°, 180° y 270° corresponden, aproximadamente, con el rojo, el amarillo, el verde y el azul respectivamente.

Para la evaluación de los ensayos de tratamientos de limpieza se ha medido el color de cada fragmento en dos momentos distintos: la toma de datos inicial se ha llevado a cabo en una cata de limpieza efectuada de manera mecánica con pincel y bisturí, mientras que la toma de datos final se ha realizado una vez efectuada la limpieza química del fragmento, en la misma zona donde se tomaron los datos iniciales¹². Se ha analizado la variabilidad del color de las muestras medidas así como las diferencias de color registradas con el fin de evaluar cómo afecta cada tratamiento a la capa pictórica y valorar si existe diferencia alguna entre la aplicación del tratamiento mediante pulpa de celulosa o empleando un gel rígido.

Para determinar la variabilidad de las medidas que se han realizado en los distintos puntos (en todos los casos 4) de cada uno de los fragmentos, se ha calculado el valor denominado “diferencia de color promedio respecto del promedio” (por sus iniciales en inglés, MCDM, *Mean Color Difference from the Mean*) en unidades CIELAB, según la siguiente ecuación (Berns, 2002):

$$MCDM = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N [(L_i^* - \bar{L}^*)^2 + (a_i^* - \bar{a}^*)^2 + (b_i^* - \bar{b}^*)^2]^{1/2}$$

En ella, los subíndices “i” representan las coordenadas de color de cada una de las N medidas y las barras superiores sus correspondientes valores medios. La MCDM permite representar mediante un número único la dispersión de las tres coordenadas CIELAB y, por tanto, evaluar la variabilidad de los colores medios en distintos puntos de una misma muestra no

¹² Para asegurar que las medidas se realizaban en los mismos puntos antes y después de aplicar la limpieza química se efectuó una plantilla en papel. La zona en la que se han realizado las medidas en cada fragmento están señaladas en el anexo 3.

homogénea: cuanto más bajo es el valor de la MCDM, menor es la variabilidad del color, es decir, más homogénea es la muestra, y viceversa. Se han proporcionado tanto la MCDM en unidades CIELAB como los valores promedio, AVG, y de desviación estándar, SD, de los fragmentos medidos.

Las diferencias de color se han calculado según la fórmula de diferencia de color CIELAB: $\Delta E_{ab,10}^*$ (diferencia de color total), que también puede expresarse como diferencias de claridad (ΔL_{10}^*), croma ($\Delta C_{ab,10}^*$) y tono ($\Delta H_{ab,10}^*$) (CIE15:2004). A pesar de que la fórmula de diferencia de color CIEDE2000 (ISO/CIE 116-6:2014) es actualmente la recomendada por la *International Organization for Standardization* (ISO) y por la CIE para determinadas condiciones de referencia cuando se desea conseguir una correlación entre los valores de diferencia de color calculados y las diferencias visualmente percibidas por observadores con una visión normal de color, en este caso, al no cumplirse todas las condiciones requeridas (las diferencias de color resultantes son, en muchas ocasiones, superiores a 5.0 unidades CIELAB) se ha considerado oportuno emplear, solamente, la fórmula de diferencia de color CIELAB. Además, esta fórmula es la que se suele emplear en el campo de investigación del patrimonio cultural (Collado-Montero & Espejo-Arias, 2015; Prestileo, Bruno, Alberghina, Schiavone & Pellegrino, 2007)

El equipo empleado para las medidas del color ha sido un espectrofotómetro Konica-Minolta CM-2600d, de acuerdo con las siguientes condiciones de medición: geometría de iluminación difusa y detección a 8°, componente especular excluida (SCE), área de apertura del instrumento de 3 mm, opción de iluminación con UV 0%, iluminación estándar CIE D65 (ISO 11664-2:2007) y observador colorimétrico estándar CIE 1964 (ISO 11664-1:2007). La gestión de los datos se ha realizado con el programa Spectramagic™ NX Pro Color Data, proporcionado por Konica Minolta. La calibración del instrumento se ha llevado a cabo usando la placa de calibración blanca CM-A145, para el máximo de claridad, y la caja de calibración del cero CM-A32, para el mínimo de claridad, proporcionadas por el fabricante del espectrofotómetro.

Finalmente, los datos obtenidos se han registrado en distintas tablas que se adjuntan en los anexos de esta tesis doctoral. Asimismo, se han representado los resultados a través de distintas gráficas.

1.2.3.2.- Evaluación de los tratamientos de consolidación

Como ya se ha señalado anteriormente, la problemática que plantean los tratamientos de consolidación es variada, ya que abarca tanto la pérdida de permeabilidad de la capa pictórica como la modificación de sus características estéticas, ya sea al variar su brillo o su color. Todo ello, junto con las exigencias en cuanto a propiedades que debe tener un consolidante, constituyen los factores a tener en cuenta para la elección del tratamiento.

Existen diferentes procedimientos para valorar el comportamiento de los consolidantes y ver cuál ha tenido mejor respuesta. Entre ellos se encuentra el método de ensayo de resistencia a la adhesión, método de ensayo de resistencia a la abrasión (Soriano & Bosch, 2008), la solubilidad, el examen directo de las características ópticas y pruebas de envejecimiento,

tanto natural como acelerado, entre otros. El problema se presenta cuando dicha evaluación se debe llevar a cabo sobre obra real, como es el caso de este estudio. Cuando se trata de fragmentos de dimensiones reducidas cuyo tamaño varía considerablemente entre uno y otro (el más grande de los fragmentos tratados tiene unas dimensiones de 7x5 cm, mientras que el más pequeño apenas alcanza los 4x2 cm), las técnicas de evaluación, como por ejemplo la prueba de resistencia a la perforación con DRMS (drilling-resistance measurements) resultan inviables debido a que la superficie disponible es, en ocasiones, insuficiente, además de provocar un daño irreparable que imposibilita la realización de otros ensayos y otras evaluaciones posteriores en los mismos fragmentos.

Teniendo en cuenta todas estas circunstancias, se han seleccionado distintos métodos de evaluación para este estudio, que se muestran a continuación.

Documentación fotográfica

Del mismo modo que se ha efectuado para la evaluación de los tratamientos de limpieza, también en los ensayos de consolidación se ha llevado a cabo una extensa documentación fotográfica que abarca tanto el registro del estado inicial y el estado final del fragmento como todo el proceso durante la aplicación de los tratamientos (Fig. 8).

Se han mantenido las condiciones e instrumentación en la toma de fotografías que en el caso anterior, cumpliendo la misma finalidad de proporcionar un documento fiable para la realización de un análisis visual del cambio en el aspecto de la capa pictórica.



Figura 8: Realización de la documentación fotográfica de los distintos fragmentos empleados en los ensayos de consolidación.

Test de solubilidad

Las pruebas de solubilidad suponen un examen básico ante cualquier intervención de restauración (Vázquez & Bueno, 2015). Siendo un método sencillo, rápido y efectivo su uso se extiende a diversas aplicaciones tales como la realización de catas de limpieza (Guillén Juan & Barros García, 2012) o la comprobación del efecto que produce un disolvente sobre una zona concreta de la obra (Santos Navarrete, Bellón Cazabán, Fernández Ruiz, Ferreras

Romero, Sameño Puerto, Martín García & Franquelo Zoffman, 2000).

En este caso, esta prueba ha sido empleada para la comprobación del efecto consolidante de los distintos tratamientos aplicados. Para ello, se ha frotado un hisopo de algodón humedecido con agua destilada sobre la superficie pictórica de cada fragmento, realizando siempre tres rotaciones sobre la misma zona. Los resultados obtenidos han sido registrados posicionando cada hisopo sobre un fondo de tono neutro y documentándolo fotográficamente siguiendo los mismos parámetros que se han empleado para la documentación fotográfica del resto de los ensayos. De esta manera ha sido posible comprobar el efecto consolidante de cada tratamiento al confrontar los hisopos procedentes de cada fragmento consolidado con el correspondiente a la prueba de solubilidad realizada al fragmento testigo de cada serie; los hisopos que resultan manchados tras la prueba de solubilidad corroboran que el tratamiento de consolidación no ha sido suficientemente efectivo en ese caso.

Ensayo de absorción de agua por capilaridad

Dado que el agente de deterioro más común en la pintura mural es el agua (Mora, Mora & Philippot, 2003) se ha considerado oportuno que una de los ensayos a realizar para la evaluación de los tratamientos de consolidación sea el ensayo de absorción por capilaridad. Dicho método, empleado en diversas ocasiones para caracterizar el comportamiento de morteros históricos (Albini, Bettuci, Borrelli, Macchia, Campanella & Mazzei, 2012; Carrascosa Moliner & Lorenzo Mora, 2012) está pautado por la norma UNE-EN 15801 “Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la absorción de agua por capilaridad”.

Dicha norma europea “especifica un método para determinar la absorción de agua por capilaridad (succión) de los materiales inorgánicos porosos utilizados en el patrimonio cultural y que constituyen bienes culturales. Este método puede aplicarse tanto a los materiales inorgánicos porosos no tratados como a los sometidos a cualquier tratamiento o a envejecimiento” (AENOR, 2010).

Debido a la heterogeneidad de las dimensiones de los fragmentos empleados para los ensayos, para la realización de esta evaluación ha sido necesario, en primer lugar, calcular la superficie pictórica de cada uno de ellos. Para ello, se ha realizado sobre papel de acetato el calco de la superficie de cada fragmento y se ha pesado en una balanza de precisión KERN EG620-3NM, la misma que se ha empleado en todo el ensayo. Asimismo, se ha realizado una superficie correspondiente a 10 cm² en el mismo material de acetato y se ha pesado; de esta forma ha sido posible calcular la superficie de cada fragmento.

Todos los fragmentos han sido preacondicionados en un desecador durante 24 horas antes de la realización del ensayo. Paralelamente, en el fondo de un recipiente hermético de metacrilato se ha colocado un lecho permeable seco de 4 cm de espesor y se ha añadido agua destilada hasta la saturación del mismo. El nivel de agua no ha excedido la superficie superior del lecho y se ha mantenido constante durante todo el ensayo, siendo necesario añadir agua en una ocasión.

Una vez pasadas las 24 h de preacondicionamiento de los fragmentos, se ha realizado una pesada inicial de cada uno de ellos (m_0) y se han colocado en el recipiente, sobre el lecho permeable, con la capa pictórica hacia abajo, poniendo simultáneamente en marcha el cronómetro (Fig. 9). Para medir la absorción de agua, pasado el tiempo estipulado, se ha sacado el fragmento del medio, eliminando toda el agua adherida a su superficie con un paño húmedo y se ha pesado. Los intervalos de tiempo estipulados para cada pesada han sido: 5, 10, 30 y 60 minutos. Tras el ensayo, los fragmentos se han dejado secar en una estufa a 50°C durante una hora.

Finalmente, los datos obtenidos han sido representados en una curva de absorción de agua por capilaridad, indicando la cantidad de agua absorbida por cada fragmento por unidad de superficie (kg/m^2) en función de la raíz cuadrada del tiempo ($t^{1/2}$).

Este ensayo se ha llevado a cabo en las instalaciones del Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali en su sede del Area di Ricerca CNR de Florencia (Sesto Fiorentino, Florencia, Italia) bajo la supervisión de las doctoras Susanna Bracci, Barbara Salvadori y Barbara Sacchi.



Figura 9: Realización del ensayo de absorción de agua por capilaridad.

Evaluación textural y elemental mediante microscopía electrónica de barrido de alta resolución

Otro de los métodos objetivos empleados para la evaluación de los ensayos de consolidación ha sido la realización de un análisis pormenorizado visual y elemental mediante microscopía electrónica de barrido de alta resolución (HRSEM) que ha permitido comprobar, en ocasiones, el nivel de profundidad de la consolidación, además de evaluar los cambios efectuados en la topografía de la superficie.

Para ello se ha empleado un Microscopio Electrónico de Barrido de Presión Variable de alta resolución Zeiss SUPRA 40VP equipado con sistema de microanálisis por Energía dispersiva de Rayos X (EDX) con detector de gran superficie X-Max 50 mm¹³, mediante el que se obtienen dos tipos de imágenes. La primera de ellas, obtenida mediante electrones secundarios (SE), ofrece información topográfica de la superficie, resultando una imagen de mayor contraste y detalle; la segunda, obtenida gracias a la detección de electrones retrodispersados (BSE), ofrece información composicional de la muestra mediante una

¹³ Los análisis de microscopía electrónica de barrido de presión variable y alta resolución han sido realizados por la doctora Isabel Guerra Tschuschke (Centro de Instrumentación Científica, Universidad de Granada).

imagen plana en blanco y negro donde las zonas más claras son las que presentan elementos con mayor número atómico.

Al igual que se realizó con las muestras destinadas a la caracterización de materiales mediante microscopía electrónica de barrido, las muestras tomadas de los fragmentos consolidados se han montado en portamuestras con la ayuda del microscopio estereoscópico. Para ello, cada micromuestra tomada se ha dividido en dos mitades y se han colocado ambos fragmentos en un mismo soporte, uno en posición horizontal y otro en posición vertical, de forma que fuese posible analizar tanto la capa pictórica como el perfil del corte (Fig. 10). Asimismo, las muestras han sido fotografiadas antes de ser metalizadas con carbono para obtener una referencia visual y en color de manera que permitiera saber exactamente la zona que se está analizando en cada momento, ofreciendo la posibilidad de obtener información sobre algún aspecto en concreto o realizar alguna aclaración recurriendo a las imágenes.

Con este ensayo se ha perseguido obtener datos precisos de la distribución de los consolidantes sobre las muestras tratadas, tanto en superficie como en profundidad, detectando diferencias entre las muestras consolidadas y las muestras testigo sin consolidar (porosidad, cambios de composición, grado de penetración del consolidante...), así como posibles alteraciones o particularidades de los tratamientos tales como la morfología de la película que forman y sus características. Para ello, se ha establecido una metodología de estudio que se ha seguido en todas las muestras analizadas consistente en la obtención de imágenes de diferentes resoluciones de la superficie de las muestras estudiadas (100x, 500x, 1500x, 5000x, 15000x); además en aquellas donde se ha considerado que podían ofrecer una información de mayor detalle y profundidad, se han realizado fotografías con otros aumentos distintos, variando según las características de la muestra entre tomar la fotografía a 5kV o a 20kV. Asimismo, se han efectuado análisis elementales tanto en la superficie como en el perfil de la muestra, y se han realizado algunos mapas de distribución de elementos bajo las siguientes condiciones: 510 píxeles, binning factor, resolución 1024 píxeles, 34 frames, 20kV, 100 microsegundos, 13.6 dual time.

Al igual que en el resto de los ensayos, los resultados de los análisis efectuados mediante HRSEM se adjuntan en los anexos de esta tesis doctoral, incluyendo las fotografías y los análisis más representativos, debido a la cantidad de resultados que se obtuvieron.



Figura 10: Preparación de muestras para el análisis mediante HRSEM.

Análisis de las variaciones del color de la capa pictórica

Para el análisis de las variaciones de color provocadas por los tratamientos de consolidación se ha seguido la misma metodología empleada en la evaluación de los tratamientos de limpieza.

De este modo, se han realizado cuatro medidas a cada uno de los fragmentos antes y después de la aplicación del tratamiento de consolidación; aquellos fragmentos que presentaban más de un color en la capa pictórica se han medido por separado cada uno de ellos. Seguidamente, se ha analizado la variabilidad del color de las muestras medidas, mediante la *MCDM*, así como las diferencias de color registradas antes y después del tratamiento de consolidación a fin de poder relacionar estos parámetros con los efectos que los distintos tratamientos provocan en el color conforme a la metodología ya ensayada en otros trabajos desarrollados por el grupo de investigación (Collado-Montero, Calero-Castillo, Melgosa & Medina Flórez, 2019; López-Montes, Collado-Montero, Castillo, Blanc, Campillo & Espejo, 2017).

Una vez obtenidos los datos, éstos se han comparado entre sí analizando distintos aspectos tales como la homogeneidad que presenta el color de la policromía antes y después del tratamiento o la variación de comportamiento que presentan los tratamientos según el revestimiento al que se han aplicado. Del mismo modo que en casos anteriores, el total de los resultados obtenidos se adjunta en los anexos de este trabajo, tanto en tablas que recogen los datos numéricos como en gráficas que representan los distintos aspectos¹⁴.

¹⁴ Tal y como se ha indicado, en los fragmentos que presentan más de un color se han realizado medidas con espectrofotómetro en cada uno de ellos. En el anexo 4 se presentan tablas con los datos de las mediciones tomadas; el color que presentan sus encabezados corresponden al color aproximado de la superficie en la que se han realizado las mediciones.





CAPÍTULO 2

ESTADO DE LA CUESTIÓN



Sala del Mosaico de los Amores del Conjunto Arqueológico de Cástulo.
Muros Oeste y Norte.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

Como se ha podido ver en el capítulo anterior, tanto para el estudio de la evolución de la técnica como para el análisis de los tratamientos de restauración, la realización de una extensa revisión bibliográfica ha resultado imprescindible. Ésta cobra mayor importancia, aún si cabe, cuando se trata del estudio de pintura mural arqueológica ya que, por un lado, se debe contextualizar la obra en el yacimiento de donde proviene y, por otro, se deben analizar los posibles paralelismos existentes con otros ejemplos de tipología similar y datación coetánea.

Es por ello que en este capítulo se muestran parte de los resultados de la revisión bibliográfica efectuada en este trabajo de investigación, concretamente la referente al contexto arqueológico de *Castulo* y a los esquemas decorativos y la técnica de ejecución de la pintura mural arqueológica comprendida entre la época romana y las primeras etapas de al-Andalus. No se ha pretendido, con ello, exponer aquí un análisis exhaustivo de la misma sino, por un lado, realizar un compendio de toda la investigación realizada en *Castulo* hasta ahora (dado que desde que se reanudaron las excavaciones no se han recogido en un único trabajo todos los resultados obtenidos), que sirva para realizar la correcta contextualización de las pinturas murales del Conjunto Arqueológico y, por otro, referenciar las características básicas presentes en las pinturas murales de la misma época, esto es, romana y tardoantigua. Del mismo modo, se ha perseguido indicar la técnica de ejecución empleada en la pintura mural realizada en al-Andalus, documentación que servirá de base para el posterior análisis de la evolución de la técnica de los revestimientos parietales, sin entrar a realizar un análisis estético o estilístico.

2.1. CONTEXTO ARQUEOLÓGICO DE *CASTULO*

“Ciudad grande e inmune”, así es como describía Tito Livio, famoso historiador romano, a una de las ciudades de *Hispania* más mencionada en los textos clásicos junto con *Corduba* y *Tarraco* (Contreras de la Paz, 1967). Textos como los de Polibio, Plutarco, Estrabón o Apiano y poemas como los de Silio Itálico o Plinio (Martínez Aguilar, 2000) dejan constancia de una ciudad que ya sea por sus características geográficas o por las demográficas, tuvo una gran relevancia sobre todo en época romana.

Las fuentes que mencionan a *Castulo* abarcan tanto las literarias, sobre todo para la época republicana, como las arqueológicas y epigráficas, para la época imperial (Cabrerero Piquero, 1993). Sus referencias se extienden a lo largo de toda la historia de manera continuada, desde las primeras citaciones latinas y griegas hasta las musulmanas, continuando por la producción literaria que protagonizó en el Renacimiento. Su magnetismo es tal, que ha propiciado hasta poemas y novelas de tendencia histórica ya en época contemporánea (Faílde, 1982; Vega Blázquez, 2004).

De entre todas ellas, quizás el testimonio que más destaca, a juicio de Blázquez Martínez (1965), sea el de Artemidoro de Éfeso, cartógrafo y geógrafo griego, quien menciona a la ciudad para marcar el confín de la *Hispania Citerior* (Gozalbes Cravioto, 2012). Si bien, es cierto que todo este compendio sirve para reflejar la importancia que ostentó la ciudad; relevancia propiciada por diversos factores que se exponen a continuación.

2.1.1.- *Castulo* a través del tiempo

La ciudad de *Castulo*, declarada Conjunto Arqueológico en 2011, está situada en el corazón de una región minera, entre los municipios de Linares, Lupión y Torreblascopedro, en la provincia de Jaén.

Incluida en la región del Alto Guadalquivir, al borde de Sierra Morena, se asienta sobre varios cerros que configuran una meseta con difícil acceso por el este, sur y oeste, aspecto que le otorga una defensa natural, elevándose sobre el río Guadalimar (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1994) (Fig. 11). La desembocadura de éste en el Guadalquivir se encuentra en una zona cercana, lo que hizo que autores como Estrabón confundieran ambos ríos, afirmando que *Castulo* era el último puerto navegable del río *Baetis* (Parodi Álvarez, 2001).

Dos son los factores principales que han favorecido al desarrollo de la ciudad de *Castulo*:

El primero de ellos, la conveniente situación que tenía para controlar el tránsito de mercancías por los itinerarios, pues su emplazamiento entre la Meseta, la Alta Andalucía y el Levante español resultaba el punto de cruce de distintos caminos (García-Gelabert, 1987). La conexión con el río Guadalquivir permitía la comunicación que la orografía del terreno hacía imposible; tanto él como sus diversos afluentes propiciaron impulsos civilizadores desde la

Edad del Bronce, ya que gracias a él eran posibles las comunicaciones con civilizaciones de ultramar (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1994). Diversos caminos y calzadas partían desde allí hacia Andalucía, La Mancha y Levante. La importancia que la red de comunicaciones viarias alcanzó en época romana responde a dos necesidades: la de administración pública y dominio y la de explotación de los recursos (Fornell Muñoz, 1996); ello hizo que por un lado se reutilizaran y adaptaran caminos de época íbera (Melchor Gil, 1994) y, por otro, se construyeran otros nuevos. Todos ellos han quedado reflejados en diversos estudios e investigaciones que señalan las vías de comunicación que pasaban por *Castulo* (De la Cruz Aguilar, 1996; Jiménez Cobo, 2001; Martínez Aguilar, 2013), destacando, sin lugar a dudas, la *via Augusta*, antigua *via Heraklea*, que empezaba en Roma y recorría la península ibérica pasando por *Emporion*, *Tarraco* y *Saguntum*, entre otras, hasta llegar a *Gades* (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999).

El segundo factor fue la producción minera. Estrabón ya indicaba que “cerca de *Castulo* hay un monte que por sus minas de plata llaman *Argyros*; se dice que de él mana el *Baetis*” (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999), aludiendo a las minas de plata de Sierra Morena. Como ya se ha mencionado, la región en la que se sitúa *Castulo* es muy prolífica en minerales; la zona comprendida entre Linares, La Carolina y Santa Elena fue uno de los principales puntos de producción de plomo. Al ser *Castulo* una ciudad productora de hierro, cobre, plomo, anglesita y plata, el principal factor económico que propició su enriquecimiento y el desarrollo de su sociedad fue la explotación de las minas y, unido al factor anteriormente mencionado de su situación estratégica en una encrucijada de caminos, el comercio del mineral (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999; García-Gelabert, 1987).



Figura 11: Vista aérea del Conjunto Arqueológico de Cástulo y del Río Guadalimar. Fotografía obtenida mediante Google Earth.

Del mismo modo, también han contribuido al desarrollo de la ciudad, el clima y las formaciones edáficas. La zona geográfica a la que pertenece *Castulo* presenta un clima mediterráneo donde se distinguen, principalmente, dos estaciones: una fría y húmeda en invierno y una cálida y seca en verano, resultando la lluvia de régimen invernal. Sin embargo, a pesar de que se alcancen temperaturas elevadas, ya que la zona no recibe la influencia del Mediterráneo, la oscilación térmica anual resulta moderada. A su vez, a pesar de que las características de los suelos de la zona circundante a *Castulo*, concretamente los que cubren el escalón de Linares, sean ligeramente ácidos y escasamente fértiles, los suelos de su área de aprovisionamiento presentan una diversidad considerable, manifestándose sumamente productivos (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999); es por ello que resultó posible el cultivo del olivo, del cereal, del algodón y de diversos productos de huerta. Por aproximación a otros trabajos de investigación realizados en asentamientos similares, se puede deducir, además, que dicho cultivo junto con la cría de ganado y la caza completarían los pilares sobre los que se asentó la economía castulonense (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1988).

Todas estas circunstancias, en consecuencia, explican los diversos y continuos asentamientos que ocuparon la mencionada localización geográfica, haciendo que su nombre cambiara constantemente evolucionando desde *Castule* o *Castlosaic* en lenguaje ibérico; *Kastoulon*, en griego; *Kástaka* en púnico; *Castulo*, en latín clásico; *Castolona*, en latín vulgar; *Qastuluna*, en árabe; *Cazluna* o *Calona* en castellano-romance hasta llegar a Cástulo, en la época actual (Contreras de la Paz, 2001).

2.1.1.1.- Secuencia histórica de *Castulo*

Diversas prospecciones realizadas por Marcelo Castro, actual director del Conjunto Arqueológico de Cástulo, señalan los orígenes del asentamiento de *Castulo* a finales del tercer milenio, mientras que su surgimiento como centro principal de la región se debe emplazar junto con la consolidación de las actividades metalúrgicas en Sierra Morena, en el Bronce Medio (Castro López, 1994).

A partir de ese momento, la explotación de las minas será el primer factor económico de la ciudad, lo que propiciará nuevas formas de vida basadas no solo en la economía de subsistencia, sino también en los recursos del subsuelo (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999); es entonces, durante el **Bronce Final**, cuando comienza a aumentar el número de ocupaciones y la complejidad de las mismas en el área de *Castulo* (Choclán Sabina, 2008).

De esta época data el “núcleo habitacional prerromano más importante localizado en *Castulo*” (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1992), se trata de un poblado emplazado al pie del cerro de la Muela donde se han podido distinguir distintas fases (Blázquez Martínez, 1991). A la primera de ellas, datada a finales del siglo VIII a.C., corresponden restos de cabañas construidas a base de cantos de río, adobe y cañizo, así como restos animales correspondientes a una ganadería floreciente; en esta fase no se cuenta con un alto nivel tecnológico, ya que el instrumental hallado se puede calificar como tosco y el menaje cerámico reducido. Tras una etapa corta de abandono comienza la segunda fase, de marcado carácter orientalizante, ya que comerciantes fenicios se introducen en el centro minero de la ciudad. A esta fase corresponde una estructura cuya función se ha establecido por Jose María Blázquez como

santuario (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1992). En la tercera fase del poblado, la presencia fenicia se acentúa, reflejándose también en la remodelación efectuada al santuario, que adquiere del mismo modo un marcado carácter oriental. Finalmente, durante el siglo VI a.C. dicho santuario es abandonado, dando paso a una cuarta fase del poblado de La Muela plenamente íbero (García-Gelabert & Blázquez Martínez, 1989).

En esta fecha, la **fase oretana**, los pilares de la economía de *Castulo* se asientan cada vez más en los intercambios comerciales de minerales con fenicios, tartesos, cartagineses y griegos (García-Gelabert & Blázquez Martínez, 1994). Este comercio favorece principalmente a los sectores más altos de la sociedad. La incipiente aristocracia se verá reflejada en las necrópolis, pues será enterrada en grandes recintos funerarios y con un importante ajuar, diferenciándose del resto de la población que será enterrada en una simple urna señalada, en ocasiones, con piedras pequeñas (Ortega Cabezudo, 2005).

Castulo llegó a convertirse en uno de los mayores centros productores de plata de la *Hispania* antigua, lo que pudo haber potenciado su predominio político en la región de la *Oretania*, además de conllevar un desarrollo demográfico, económico y cultural. Asimismo, se ha constatado la presencia de mercenarios, evidencia del alto nivel económico que alcanzó la sociedad (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1992; García-Gelabert, 1987), nivel que queda reflejado también en su arquitectura, de marcado carácter púnico, como se puede apreciar en la reconstrucción efectuada a partir de unos fragmentos arquitectónicos de roca plutónica llevada a cabo por Lucas Pellicer y Ruano Ruíz (1990).

En este momento de pleno desarrollo de la ciudad fue cuando los bárquidas irrumpieron en la península, mostrando un gran interés por *Castulo* y dando paso, de esta manera, a la **fase púnica**. Para las tropas cartaginesas, *Castulo* suponía una fuente de recursos tanto materiales como humanos; tal era la situación que en las fuentes literarias se indica que en tiempos de Amílcar Barca en Turdetania los pesebres y las artesas eran de plata (Blázquez Martínez, 1965). Las minas de la región fueron la principal fuente de ingreso de los bárquidas, llegando a sufragar, en parte, la segunda guerra púnica. Pese a que no se han hallado hasta el momento vestigios importantes de esta época (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1992; García-Gelabert & Blázquez Martínez, 1994), debido a la tipología de la esfinge representada en las monedas de *Castulo*, según García Bellido (1978) la ceca tuvo que abrirse bajo protección cartaginesa.

A pesar de que los gobernantes de *Castulo* no mostraron en ningún momento fidelidad absoluta por ningún bando, sí manifestaron cierta predilección con el bando púnico; hecho que queda demostrado con el matrimonio de Aníbal con la joven Hímilce, nativa íbera perteneciente, seguramente, a una familia de clase privilegiada (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1988; Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999).

Por esta razón, la dominación cartaginesa puso en relieve las posibilidades que *Castulo* presentaba, hecho del que Roma era ya consciente. Es por ello que tras su primer contacto en la península, los romanos muestran su interés por esa región cuya conquista significaba, además, arrebatarse la fuente de aprovisionamiento con la que contaban los bárquidas (Cabrero Piquero, 1993).

Las tropas guiadas por Publio y Cneo Cornelio Escipión llegan a la región en el 214 a.C., provocando que los cartagineses abandonen la ciudad de *Castulo* (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999; Cabrero Piquero, 1993). Sin embargo, éstos reorganizan sus ejércitos y tras la batalla del 212 a.C. vencen a los hermanos Escipión reconquistando la región. Tras un breve periodo, Publio Cornelio Escipión llega a *Hispania* y dirige sus tropas, en el 208 a.C. hacia el *Saltus Castulonensis*, actual Parque Natural de Despeñaperros (Vega Blázquez, 2004), cerca del cual tendrá lugar la batalla de *Baécula* que supuso una derrota para las tropas cartaginesas tras la cual, en el año 206 a.C., Escipión se apodera de la ciudad de *Castulo* a través de un *fides accepta*, por lo que tanto la estructura como los edificios de la ciudad no se vieron demasiado afectados y se mantuvieron las instituciones de gobierno (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999; Cabrero Piquero, 1993; Ortega Cabezudo, 2005).

En ese momento comienza la **fase romana** en *Castulo*, donde la ciudad disfrutará de su mayor esplendor (Fig. 12). Su proceso de romanización comienza, en primer lugar, con el cambio de la lengua ibérica al latín; más tarde, continúa con la mutación de las costumbres y, finalmente, son las creencias religiosas las que terminan por adaptarse a la nueva época que vive la ciudad, adoptando dioses como el dios Liber o las diosas Venus y Minerva (Contreras de la Paz, 1959).



Figura 12: Recreación virtual de la ciudad de *Castulo* en época romana (Francisco Arias de Haro, Proyecto FORVM MMX).

Tras la conquista, toda la península se vio afectada a una intensa explotación minera. Sobre el 179 a.C., el aprovechamiento de las minas pasó a manos de publicanos, lo que hizo que en *Castulo* surgiera la *Societas Castulonensis*, sociedad que controló y explotó las minas de la región (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999). Dicha actividad propició un gran momento de prosperidad económica en época republicana, hecho que queda reflejado en la importancia de las monedas acuñadas en la localidad (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1992; García-Gelabert & Blázquez Martínez, 1994).

A finales del siglo I a.C., gracias a la lealtad y apoyo que prestó al bando de César durante la guerra civil entre éste y Pompeyo, *Castulo* adquiere el privilegio del *ius latii* (Ruiz López, 2012).

Asimismo, *Castulo* fue *municipium*, si bien se desconoce el momento exacto aunque se estima en un período anterior a Augusto (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1992).

Las distintas epigrafías conservadas hasta la época han permitido conocer muchos de los nombres de las principales familias castulonenses que habitaron en esta fase, así como el grado de romanización que alcanzó la ciudad. Si se tiene en cuenta la onomástica se puede asegurar que ya en el siglo I d.C. existe un elevado porcentaje de individuos plenamente romanizados o en vías de romanización. Este aspecto, unido a la *interpretatio romana* y el culto a los Emperadores que quedan reflejados en las epigrafías, muestra la integración total que los ciudadanos de *Castulo* presentaron a las estructuras religiosas, sociales y económicas de los romanos (Pastor Muñoz, 1984).

Sin embargo, todo el esplendor alcanzado hasta la época entra en decadencia en el siglo II debido a la crisis de la minería. En este período las referencias literarias alusivas a *Castulo* cesan; ésta pasa de ser una ciudad distintiva y dinámica, gracias al comercio que en ella existía, a ser una localidad pueblerina y con sello provinciano (García-Gelabert, 1991).

El citado decaimiento de las minas hizo que la crisis política del siglo III no perjudicara tanto a *Hispania* que, al ser provincia de segundo orden, fue menos explotada económicamente. Ello no quiere decir que dicha situación de problemas políticos y falta de recursos no afectara a las distintas ciudades. Se reconoce una migración de ciudadanos pudientes al campo; éstos se instalan en *villae* colmadas de comodidades que, además, les eximen de pagar contribuciones y cargos públicos. Ello hace que la actividad económica pase a depender de la explotación agrícola donde los cereales, el olivo y la vid son los protagonistas. Existe también un negocio ganadero, dirigido tanto al comercio como al autoconsumo (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1992).

En general, no obstante, se conocen pocos datos del estado de *Castulo* en esta época, a excepción de los que nos muestran las excavaciones: una mayor pobreza en la ciudad pero no un abandono masivo de la misma; tampoco aparecen niveles de incendio o destrucción que se puedan atribuir a hechos violentos (García-Gelabert, 1991).

En el siglo IV se produce una relativa prosperidad en la provincia hispana. Un reciente estudio malacológico (Rudela Cárdenas, Ruiz Torres & Liétor Gallego, 2014) muestra un incipiente comercio de moluscos: ostra común, cañaila, etc. Al ser especies marinas y tener un carácter perecedero, el transporte de las mismas no sería barato, por lo que estarían destinadas a las élites económicas. Asimismo, los últimos estudios numismáticos realizados proponen que este siglo fuese todavía un periodo importante para la ciudad, debido a su importancia geoestratégica en la política romana del Bajo Imperio; de esta forma, *Castulo* habría salido reforzada de la crisis del siglo III (Ceprián del Castillo, Expósito Mangas, Soto Civantos & López Rodríguez, 2014).

Durante la Tetrarquía se llevó a cabo en el Imperio un saneamiento de las ciudades, edificando circos, basílicas y palacios para lo que, en ocasiones, tenían que destruir zonas del núcleo urbano precedente. *Castulo* también fue testigo de ello viendo reconstruida su muralla y edificando las termas situadas en los barrios altos. Todas estas mejoras, sin embargo, contribuían a un aumento de impuestos en la sociedad y al consecuente malestar ciudadano

(Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999). El hallazgo de un broche de carácter castrense dentro de los muros de la ciudad de *Castulo*, concretamente en la zona de las termas, ha permitido considerar la presencia del ejército militar romano en la ciudad durante esta época, cuya función era de policía y vigilancia además de labores logísticas (Ceprián del Castillo, Repullo Roldán & Alarcón Fernández, 2013).

Sin embargo, al ser *Castulo* una de las primeras ciudades donde se estableció el cristianismo (Contreras de la Paz, 1959), el prestigio que había perdido con la crisis minera fue restablecido, al menos en el ámbito eclesiástico hispano (Martínez Aguilar, 2000), llegando a ser sede episcopal durante el periodo de dominación visigoda, hecho que queda constatado con la firma de su obispo en las actas del Concilio de *Iliberris* (Elvira, Granada) (García-Gelabert, 1991).

El **asentamiento visigodo** en *Castulo* comienza a finales del siglo V de manera lenta. En este periodo ya no se colocan esculturas de mármol ni hay edificios con grandes elementos ornamentales, en su lugar, sin embargo, se ha constatado la reutilización de estructuras romanas (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999). Asimismo, se han hallado algunas tumbas de esta época dentro de una basílica decorada con pinturas murales que hoy han desaparecido por causa del expolio (García-Gelabert & Blázquez Martínez, 1994).

Paulatinamente, *Castulo* pierde población y disminuye su expansión territorial. Nuevamente el desprestigio de la ciudad queda constatado con el traslado de la sede episcopal a Baeza durante el reinado de Recesvinto. Situación que se vio empeorada con la primera batalla de *Qastulūna* y la **invasión árabe** (García-Gelabert, 1991).

No obstante, algunas fuentes árabes señalan que todavía la ciudad conserva en aquella época una “gran entidad poblacional” (Rosado Llamas, 2015) ya que fue el sitio escogido por Abū l-Aswad para reunir a sus partidarios y establecerse, de lo que se deduce, por un lado, que se sigue apreciando su situación estratégica y, por otro, que la ciudad tenía infraestructura y recursos suficientes para albergar a numerosas personas, adquiriendo el rango de *madīna*. Esta nueva situación se mantiene hasta finales del siglo X, cuando *Qastulūna* deja de ser una *madīna* para convertirse en un castillo refugio o *bisn*. A partir de esa fecha se retoma la ausencia de referencias de la ciudad en las distintas fuentes literarias.

Posteriormente, *Castulo* es nombrada varias veces durante la Reconquista. La primera de ellas cuando Alfonso VI el Batallador conquista Baeza y *Castulo*, perdiéndola al poco tiempo; seguidamente, Fernando III las recupera nuevamente, cediendo *Castulo* al Consejo de Baeza; finalmente, Fernando IV, a su vez, cede *Castulo* a Linares, situación que se prolonga hasta la actualidad.

A pesar de todo ello, la ciudad queda abandonada, favoreciendo su expolio. Los materiales constructivos de época romana se destinan a la decoración de casas particulares, palacios y fuentes de las localidades vecinas (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999). De esta forma, la que fuera una de las ciudades de *Hispania* más mencionada en los textos clásicos, pasó a ser una gran dehesa tan solo laboreada entrado ya el siglo XX (Fig. 13).



Figura 13: Aspecto actual del Conjunto Arqueológico de Cástulo. Área 2, cubierta de la Sala del Mosaico de los Amores.

2.1.2.- Excavaciones e investigación en *Castulo*

Esa situación de abandono ha favorecido la conservación de los restos arqueológicos. El hecho de que no se edificase ninguna ciudad encima de las ruinas de *Castulo* ha propiciado que no se produjera el desmantelamiento de la ciudad y que hoy en día sean posibles los descubrimientos que están teniendo lugar.

Tras las fuentes literarias árabes y aquellas que reflejaban la disputa existente sobre la titularidad de *Castulo* entre Linares y Baeza, las siguientes crónicas que han llegado y que hacen referencia a *Castulo* son aquellas que muestran preocupación por su estado de conservación; éstas tienen lugar en el siglo XVI, en pleno Renacimiento, cuando el ideal humanista aboga por la recuperación de los modelos clásicos. Entre estas primeras menciones se encuentra, en el 1526, la de Andrea Navagero, embajador de Venecia ante Carlos V, al incluir la ciudad en un inventario de antiguos sitios históricos (Choclán Sabina, 2008). Del mismo modo, eruditos y literarios como Ambrosio de Morales, Florián de Ocampo y, más tarde, Jimena Jurado, López Pinto o Francisco Bálchez, entre muchos otros, reafirman la preocupación existente por la conservación y la investigación del lugar (Martínez Aguilar, 2000).

Del mismo modo se debe señalar otro tipo de preocupación existente por *Castulo*, esta vez por parte de la Iglesia para demostrar la presencia de santos en el territorio. Es el caso de la revalorización que se realizó en el siglo XVII de la ermita de Santa Eufemia (Sánchez López, Infante Limón & Valiente Romero, 2012).

Ya en el siglo XIX, la ciudad es objeto de diversas investigaciones más rigurosas de carácter científico. Entre ellas destacan las obras de Ceán Bermúdez, Madoz o Manuel de Góngora, este último alzando diversos planos de la ciudad y recuperando multitud de material arqueológico (Martínez Aguilar, 2000).

Sin embargo, en el siglo XX *Castulo* vuelve a quedar fuera de los intereses de los estudiosos,

a no ser por la labor de autores locales, en concreto la de Rafael Contreras de la Paz. A él se deben numerosos logros en lo que a investigación y conservación del yacimiento de *Castulo* se refiere: fue el fundador de la revista *Oretania*, gracias a él se compró y se construyó el Museo Monográfico de Linares, gestionó la expropiación del yacimiento por parte del Estado e incentivó diversas campañas de excavación junto al profesor José María Blázquez (Blázquez Martínez, 1997; Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1985). Éstas se realizaron de manera ininterrumpida entre los años 1969 y 1983 y, posteriormente a la creación de las Comunidades Autónomas, durante 1985 y 1986, dando como fruto multitud de publicaciones científicas, tesis doctorales y trabajos de divulgación (García-Gelabert, 1991).

Después de un período de pausa, se retomó el análisis del yacimiento con estudios geofísicos generales (Buess, 2008) y con la realización de prospecciones por tomografía eléctrica (Rey Arrans, Martínez López, Dueñas Molina, Campos López, Arias de Haro & Benavente Herrera, 2010). Tras ello, y ya en el 2011, se volvieron a retomar las excavaciones, esta vez de la mano del actual director del yacimiento, Marcelo Castro, y gracias al proyecto FORVM MMX; además, *Castulo* fue nombrado Complejo Arqueológico. Las actividades de dicho proyecto estuvieron marcadas por “la convergencia público-privada, la creatividad y la eficiencia” (Castro López, 2014a). En él colaboraron infinidad de personas, instituciones, universidades, asociaciones y voluntarios. Asimismo, el proyecto persiguió acercar y aplicar las nuevas tecnologías a la excavación; de esta manera se instaló un nuevo sistema de registro telemático, *Imilké*, y se comenzó a emplear la fotogrametría como recurso de documentación (Castro López, Arias de Haro, Serrano Lara, Martínez Carrillo, Serrano Araque & Walsh, 2016; López Rodríguez, Serrano Lara & Expósito Mangas, 2016), del mismo modo se realizaron análisis de estratigrafía musivaria (Arias de Haro, 2014) (Fig. 14) y fotografías de alta resolución efectuadas en el marco de la línea de producción y comunicación visual del proyecto (ForvmMMX, 2015).

Como continuación de este proyecto FORVM MMX, se está desarrollando, actualmente, el proyecto *Cástulo siglo XXI*, con el que se espera seguir resolviendo incógnitas de las ya planteadas en anteriores investigaciones.



Figura 14: Parte de la secuencia de ejecución de la Alegoría del invierno, motivo del Mosaico de los Amores (Arias de Haro, 2014).

Gracias a todos estos estudios ha sido posible distinguir dos sectores en *Castulo*: el *oppidum* oretano, donde se asienta la ciudad romana, que alcanzó su esplendor durante la República y el Alto Imperio; y otro constituido por necrópolis, pequeños poblados, talleres y el puerto fluvial, localizado extramuros. Las pocas zonas excavadas hasta el momento y los estudios

que se han llevado a cabo han permitido realizar un somero análisis del urbanismo de *Castulo*, si bien aquí se presta una mayor atención al área 2, de donde proceden los revestimientos murales castulonenses objeto de estudio de esta tesis doctoral.

2.1.2.1.- Extramuros

Si se analiza la trama urbana desde el exterior hacia el interior de la ciudad y se sigue un cierto orden cronológico, el primer elemento que se debe tratar es el **poblado de La Muela**. Éste, datado a finales de la Edad del Bronce, se sitúa en la ladera este y sudeste de la meseta, junto a la ribera del río Guadalimar, lo que provocó que sufriera diversas inundaciones (Choclán Sabina, 2008). En él se pueden distinguir dos edificaciones distintas: por un lado, un taller de fundición y, por otro, una estructura identificada como templo o santuario (Blázquez Martínez & Valiente Malla, 1981; García-Gelabert & Blázquez Martínez, 1989; García-Gelabert & Blázquez Martínez, 1994).

Otro de los elementos importantes localizados en la zona extramuros son las **necrópolis**. De época íbero-romana y romana, todas ellas se encuentran tanto al oeste como al este del *oppidum*, por lo general emplazadas en sitios visibles, bien sea desde algún cerro elevado o porque están localizadas en un cruce de caminos, calzadas principales o en las puertas de la ciudad. Como se ha indicado anteriormente, gracias a la diversidad de enterramientos encontrados se puede asegurar que en *Castulo* existía una jerarquía social piramidal (Blázquez Martínez, 1975; Blázquez Martínez, 1979; Blázquez Martínez, García-Gelabert, Rovira Llorens & Sanz Nájera, 1987; Ortega Cabezudo, 2005; Rueda Galán, García Luque, Ortega Cabezudo & Risquez Cuenca, 2008).

Fuera del recinto amurallado se han encontrado, también, testigos de actividades artesanales, en concreto de **alfares** y de **centros metalúrgicos** (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1994). Asimismo, se han hallado algunos restos materiales del **puerto** mencionado en fuentes clásicas (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1988; Parodi Álvarez, 2001).

A su vez, se han conservado distintas fuentes epigráficas hasta la fecha que aluden a la presencia de un **circo** en *Castulo* (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1994; Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999; García-Gelabert & Blázquez Martínez, 1994). Dicho hecho ha quedado recientemente confirmado gracias a la tecnología LiDAR (Light Detection And Ranging) empleada por el arqueólogo Francisco Arias de Haro y el ingeniero José Carlos Gutiérrez Expósito, con la que se ha identificado la estructura del circo, de unos 400 m de largo y unos cien metros de ancho, emplazada al norte de la ciudad (Arias de Haro & Gutiérrez Expósito, 2018).

Por último, todo el núcleo urbano se encontraba rodeado por una **muralla** que tendría cuatro puertas de acceso, situadas en los cuatro puntos cardinales y junto a las cuales se emplazarían las necrópolis (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1994); además, según el plano que realizó Góngora en el siglo XIX, la muralla contaría con varias torres rectangulares ciclópeas, de las que solo se han conservado algunas (Blázquez Martínez, 1991). Esta muralla cumpliría una doble función: la de proteger y dar seguridad a la población, sobre todo ante el clima de violencia que se asentó a partir del siglo III, y la de conferir prestigio a sus

gobernantes (Barba Colmenero, 2014; Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1994; Campos López & Parrilla Sánchez, 2008).

2.1.2.2.- La ciudad intramuros

Dentro de las 50 ha que conforman el recinto amurallado de la ciudad se han realizado excavaciones en diversas zonas; si bien en ninguna de ellas se ha descubierto todavía el foro de la ciudad, sí que han revelado importantes obras públicas cuya finalidad, en ocasiones, no ha quedado del todo definida.

Del mismo modo que sucede con el circo, gracias a las diversas fuentes epigráficas conservadas se conoce la existencia de ciertos aspectos de la ciudad y de edificaciones que deberían conformar la misma. En este sentido, varios fragmentos de epigrafía demuestran la existencia de un teatro, entre ellas la inscripción de una lápida que señala la celebración de recitales en él; éste estaría situado en el denominado Cerro del Teatro, en el que se conservan visibles los cimientos del mismo (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1994). Por otro lado, otra dedicatoria hace también referencia a la celebración de espectáculos en el anfiteatro, idea corroborada por una inscripción conmemorativa donde se propone celebrar unos juegos en dicho recinto. Gracias a inscripciones referentes a *Cornelia Marulina* consta que la ciudad estaba adornada por estatuas de plata. Asimismo, debido a la permanencia de estatuas dedicadas a Minerva o a emperadores se deduce la existencia de templos, al igual que por la conservación de inscripciones que hacen referencia al *ordo castulonense* o al *senatus castulonense* se deduce que tuvieron que existir edificios que albergasen dichas instituciones (Choclán Sabina, 2008).

Por otro lado, a pesar de que no se conoce, por el momento, el trazado exacto del urbanismo de *Castulo*, sí han quedado bastantes restos de su **infraestructura hidráulica**. El sistema de cloacas y alcantarillado se atestigua en numerosas estructuras, tales como las termas públicas situadas en el llamado Complejo Arquitectónico del Olivar. Asimismo, se han conservado restos del acueducto principal que entraría a la ciudad por un punto cercano a la Puerta Norte (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1994; Choclán Sabina, 2008). Parte de este sistema hidráulico lo forma también el complejo de almacenamiento y distribución de agua fechado en época bajoimperial y emplazado en el denominado Cerro del Cortijo de Los Guardas, al noroeste de la ciudad (Castro López, 1994; Ceprián del Castillo & De la Torre Menduiña, 2010).

Área 1

Con el proyecto FORVM MMX y las excavaciones llevadas a cabo gracias a él entre los años 2011 y 2014 se acotaron dos áreas de excavación denominadas como “área 1” y “área 2”. La primera de estas zonas, emplazada en el centro geográfico de la ciudad, coincide con la denominada por José María Blázquez como “Conjunto arquitectónico del Olivar”, mientras que la segunda se localiza al suroeste de la primera. En esta tesis doctoral se ha decidido mantener la nominación de las áreas otorgada por el equipo de FORVM MMX dado que resulta más completa, por recoger zonas excavadas que en las campañas del profesor Blázquez

todavía no se habían estudiado, y por ser, además, la más actualizada.

Por lo tanto, en el área 1 se identifican dos edificaciones: unas termas de época Flavia, ya excavadas en la campaña de 1971 por el profesor Blázquez, y un edificio público alto-imperial.

La construcción de las **termas** comienza aproximadamente a mediados del siglo I d.C., aunque posteriormente se llevan a cabo diversos reacondicionamientos y reestructuraciones (Fig. 15). Si bien, en su época inicial el edificio tenía cierto carácter lúdico y termal, es en el siglo IV cuando adquiere su pleno carácter de conjunto público termal (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1994; Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999).

Colindante a dichas termas se excavó una cabecera pentabsidal, correspondiente a un edificio cimentado con grandes sillares. Esta edificación se interpretó, en un primer momento, como la *natatio* de las termas (Blázquez Martínez & García-Gelabert, 1999). Con las posteriores excavaciones de 2011, se descubrió que dicha cabecera no mantenía relación alguna con las termas, sino que pertenecía a otro edificio al que denominaron **Edificio T** (Ceprián del Castillo & Soto Civantos, 2014).

La funcionalidad de este edificio ha sido objeto de varias especulaciones. Tras ser interpretado como *natatio*, se consideró asimismo como posible *macellum*. Finalmente, la falta de una morfología típica de este edificio ha permitido el planteamiento de una hipótesis en torno a su posible funcionalidad como *horreum* romano, construcciones de carácter polifuncional que servían tanto para almacenar productos como para su venta y distribución (Ceprián del Castillo & Soto Civantos, 2014).

Ambos edificios, aproximadamente a partir del siglo V d.C., pierden sus respectivas funciones siendo utilizados para intereses particulares al que le seguirá su posterior abandono. Entre los materiales encontrados en esa fase destacan tres lucernas decoradas con la *menorá*, datadas en el siglo V, halladas en una calle colindante al edificio T, lo que atestigua la posible presencia de grupos judíos o judeocristianos en la ciudad de *Castulo* durante esa época (Ceprián del Castillo, Soto Civantos & Expósito Mangas, 2016).



Figura 15: Termas públicas situadas en el llamado Complejo Arquitectónico del Olivar.

Área 2

Se localiza al suroeste del área 1, aproximadamente a unos 200 m. En ella se han localizado un edificio público de época altoimperial, al que se ha denominado Edificio D, y otra estructura, más tardía, situada al norte de la anterior, denominada edificio E (Calabria Salvador, 2013; Ceprián del Castillo, Expósito Mangas, Soto Civantos & López Rodríguez, 2014).

A pesar de que el **Edificio D** no ha sido excavado en su totalidad, por lo que su planta completa está aún por determinar, lo que a primera vista puede parecer un agregado de edificios debido a sus diversos patios, se ha estimado como la proyección de un solo edificio cuya longitud máxima sería de 33 metros (Fig. 16).

Dicha construcción está caracterizada por sus muros de tapial, en ocasiones con zócalos diferenciados de mampostería, y por estar constituida por una serie de estancias que presentan ricas decoraciones musivarias y parietales. Hasta el momento, se han excavado diez estancias pertenecientes a la fase altoimperial decoradas con pavimentos de mosaico, cada una de ellas con esquemas decorativos diversos, característica que se repite con las pinturas murales halladas en las distintas estancias. De entre todas ellas destaca, sin duda, la Estancia 1, conocida como Sala del Mosaico de los Amores (Jiménez Morillas, 2014).

La Estancia 1 presenta unas dimensiones aproximadas de 12 metros de longitud por 6 metros de ancho; en el momento de la exhumación, los revestimientos murales de la estancia, que son objeto de estudio de esta tesis doctoral, ocultaban un pavimento musivario de constatada calidad titulado por la investigadora Guadalupe López Monteagudo como mosaico de los Amores de *Castulo* (López Monteagudo, 2014).

La temática de dicho pavimento es plenamente mitológico. En él se representan seis erotes y diversos animales que acompañan las dos escenas principales: una de ellas es el mito del Juicio de Paris, mostrando a Mercurio con la manzana de la discordia, acompañado por Paris y las tres diosas, Minerva, Juno y Venus; la otra escena, por el contrario, hace referencia al mito de la diosa Luna, a quien se representa en su carro de caballos y con una media luna sobre su cabeza, mientras visita al pastor Endimión. Completando el esquema del mosaico, en las cuatro esquinas se reproducen las Cuatro Estaciones, personificadas con distintos atributos y enfatizando su significado con las tonalidades de las teselas; de esta manera, por ejemplo, Invierno está caracterizado con colores fríos y con una corona de ramas secas y una rama de muérdago (Blázquez Martínez, 2014; López Monteagudo, 2014).

Es necesario destacar el buen estado de conservación que presenta la decoración de dicha sala, tanto la musivaria como la parietal. Este hecho se debe poner en correlación con otras características destacables correspondientes al hallazgo del edificio. En primer lugar, la disposición que presentaban los revestimientos murales permitió un estudio de sus caídas, llegando a la conclusión de que su desprendimiento no responde a un proceso de deterioro y degradación lenta y continua, sino a una demolición intencionada, consecuencia de un impacto exterior (Fig. 17). En segundo lugar, no se han registrado elementos referentes a la techumbre del edificio en la documentación estratigráfica; dado el grado de conservación de los revestimientos, resulta inusual no encontrar restos del armazón de madera o de las tejas de su recubrimiento; hecho que, por el contrario, sí ha sucedido en el edificio tardorromano

colindante, donde se han registrado abundantes elementos constructivos cerámicos correspondientes a tejas. Por último, tampoco se ha hallado ningún resto de bienes muebles o enseres materiales, lo que dificulta asimismo la datación del edificio, estipulada entre finales del siglo I y principios del siglo II d.C. por los restos de cerámica encontrados en el mortero de sus muros, así como el estudio iconográfico del mosaico (López Monteagudo, 2014; Jiménez Morillas, 2014).

Todo ello lleva a proponer que el edificio pudo haber sido un proyecto imperial, erigido en honor al emperador Domiciano; aunque no se puede identificar la función concreta de la edificación, se deduce de los materiales empleados, su carácter propagandístico y de sus particularidades, el carácter público del mismo. Tito Flavio Domiciano fue el último emperador de la Dinastía Flavia, y fue objeto de una conspiración que finalizó con su asesinato en el año 96. Tras su muerte, el Senado decretó la condena de su memoria, *dammatio memoriae*, lo que justificaría la demolición del edificio. Por otro lado, las ruinas del mismo se mantendrían para mostrar el poder del Senado (Castro López, 2014b).



Figura 16: Ortografía del Área 2. En rojo señalado la Sala del Mosaico de los Amores (Blázquez Martínez, 2014)

Figura 17: Sala del Mosaico de los Amores en un momento anterior a la extracción del derrumbe de pintura mural (López Rodríguez, 2014).



Al norte de este edificio, como se ha comentado anteriormente, y de época posterior, se encuentra el **Edificio E**¹⁵ (Fig. 18). A pesar de que dicha edificación se encuentra todavía en fase de estudio, se sabe con seguridad que su función estaría relacionada con el culto cristiano, aunque no necesariamente con la eucaristía.

En él se pueden distinguir dos zonas (Fig. 19). En la zona oriental se ha hallado un espacio abierto, pavimentado con *opus caementicium*; en él se localiza una pila rectangular así como un banco corrido; a los pies de dicho banco se descubrieron los revestimientos murales de época tardoantigua que son también objeto de estudio de esta tesis doctoral. Por el contrario, en la zona occidental se dispone una sucesión de habitaciones cuyas funciones abarcan desde la agricultura hasta el tratamiento de metales, quedando especificadas por los restos materiales en ellas encontrados, y un espacio meridional donde se encuentra un depósito de agua de más de cinco metros de profundidad, excavado parcialmente (Expósito Mangas, Castro López, Arias de Haro, Pedrosa Luque & Ceprián del Castillo, 2015). Finalmente, en una de las estancias orientales se localizó un plato de vidrio, de 22 cm de diámetro y 2 mm de espesor que representa la escena de la *Traditio Legis* a Pedro y Pablo, con Cristo en el centro sosteniendo una cruz (Fig. 20)(Blázquez Martínez, 2015).

En cuanto a la cronología del edificio, su inicio se puede datar en la segunda mitad del siglo IV d.C., si bien no es posible descartar aún una cronología más temprana; por el contrario, para su momento final se debe hacer una distinción entre la zona oeste y la zona oriental. De este modo, la cronología más tardía que se puede fechar en la zona este es la de mediados del siglo V d.C.; ésta viene dada por las cerámicas finas de mesa halladas en los últimos estratos de uso y abandono, caracterizadas por ser un conjunto abundante de *terra sigillata* hispánica tardía meridional, entre las que aparecen la forma T.S.H.T.M. 10, y algunos fragmentos de *terra sigillata* claras D, como una forma Hayes 61, que determinan una horquilla cronológica entre finales del siglo IV y principios del siglo V d.C.. Posteriormente, este espacio volvió a ser empleado; en él se excavará, entre finales del siglo VI d.C. y principios del siglo VII d.C., una tumba doble en la que se localiza un broche de cinturón de placa rígida, que permite la datación de la misma, perteneciente a uno de los individuos. A su vez, tanto la cerámica como las monedas encontradas en la zona oeste, indican una pervivencia mayor de la misma como construcción cristiana (Ceprián del Castillo, Expósito Mangas, Soto Civantos & López Rodríguez, 2014). Finalmente, entre los siglos VII y VIII d.C. dicha zona parece acondicionarse como lugar de producción, tal y como se ha indicado anteriormente.

Por último, dado que la planta del edificio no se corresponde exactamente con ningún edificio religioso de la época, se han propuesto tres hipótesis para explicar su funcionalidad. La primera de ellas es que el edificio fuera un baptisterio asociado a un lugar funerario de tipo martirial o de memoria martirial; esta hipótesis justificaría la existencia de la pileta de la zona oriental del edificio y la cripta. La segunda, que se trate de un monumento funerario cristiano correspondiente a los primeros momentos, cuando todavía no estaba prohibido por la legislación eclesiástica el rito del *convivium* fúnebre alrededor del difunto; de ser así,

¹⁵ Se quiere hacer constar aquí, nuevamente, el agradecimiento al grupo de investigación del proyecto “Castulo Siglo XXI”, en especial a su director e investigador principal, Marcelo Castro, y a sus componentes Bautista Ceprián del Castillo, David Expósito Mangas y M^a Paz López Rodríguez, por su inestimable ayuda y colaboración. Como se indicó anteriormente, al ser una investigación en curso, todavía no existen resultados publicados, por lo que la información que se refleja aquí viene dada por los miembros del proyecto directamente.

la construcción la tendría que haber mandado erigir cristianos influyentes en la sociedad castulonense. Finalmente, la tercera hipótesis consiste en que la edificación fuese una de las primeras iglesias construidas tras el Edicto de Milán, cuando todavía no se había establecido un canon en la realización de los edificios eucarísticos.



Figura 18: En primer plano, Edificio E con el banco corrido junto al cual se descubrieron los revestimientos murales. En segundo plano, Edificio D, cubierta de la Sala del Mosaico de los Amores.

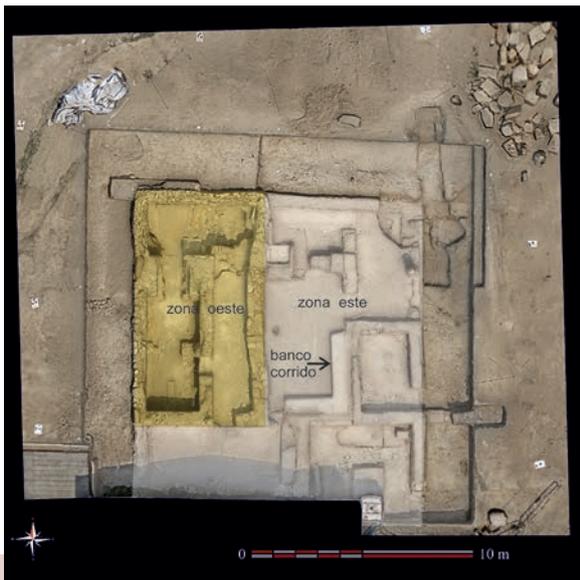


Figura 19: Ortofotografía del Edificio E. Imagen facilitada por Bautista Ceprián del equipo FORVM MMX.



Figura 20: Plato de vidrio hallado en *Castulo* con la representación de la *Traditio Legis* (Blázquez Martínez, 2015).

2.2. PINTURA MURAL

De los principios de la pintura, es incierta [...]. Los egipcios afirman haberse inventado entre ellos seis mil años que pasase a Grecia, pero con vana ostentación, como es claro. Pero, los griegos, unos dicen que fue hallada en Sición, otros que en Corintho y todos concuerdan que fue rayando alrededor la sombra del hombre. Y que esta tal fue la primera. La segunda fue de un color solo y llamose *monochrómaton*, después que se halló ser de más obra y trabajo, y esta tal aún dura hasta ahora. La pintura de líneas dicen que fue intentada de Philocle, egipcio, o de Cleante, corintio [...] (p. 150)

De esta manera muestra Plinio en su libro XXXV *De la pintura, colores y pintores*, su análisis de la evolución de la pintura mural. Del mismo modo, en su escrito queda reflejada la necesidad que deriva para ese análisis del estudio de los materiales y de la caracterización de la técnica de ejecución empleada en cada momento.

Por otro lado, según indican Mora, Mora y Philippot (2003), antes de comenzar el estudio de los materiales y de la técnica de ejecución de una pintura mural resulta de vital importancia analizar sus características específicas, esto es, su “estatus de realidad”. Con ese término hacen referencia al nexo innato que presentan la pintura mural y la arquitectura, siendo por un lado de carácter iconográfico y, por otro, estético y formal.

Por todo ello, y por lo ya comentado anteriormente en esta tesis doctoral, se ha realizado una revisión bibliográfica en la que se analizan sólo aspectos generales, sin detenerse en profundidad en los detalles, ya que lo que se pretende es la contextualización de las técnicas de ejecución y los materiales empleados en cada época.

En la introducción de este trabajo ya se han mencionado los beneficios derivados del cambio que ha experimentado en las últimas décadas la Arqueología Clásica (Cánovas Ubera, 1999), realizando una importante renovación metodológica que ha afectado, sobretudo, al campo de la pintura mural, dotándola de una mayor relevancia.

Ello ha supuesto, además, que la documentación que existe hoy en día de este campo sea amplia y variada; tanto los textos clásicos de Vitruvio y Plinio como los más recientes de Fernández Díaz, Guiral Pelegrín y Martín Bueno, entre otros en España, reflejan las técnicas y materiales empleados para realizar las decoraciones parietales. La revisión de toda esta información, junto con los resultados de los análisis realizados para el estudio de estas pinturas, permiten caracterizar sus materiales constitutivos, determinar la técnica de ejecución empleada y, finalmente, hacer una elección de los materiales y tratamientos de restauración más adecuados. Por todo ello, el conocimiento de las técnicas antiguas resulta primordial para la labor de conservación y restauración de una obra arqueológica y para el avance del conocimiento de estas pinturas.

2.2.1.- Pintura mural romana

En un primer momento, los estudios de pintura mural romana se centraron en los casos semejantes a las obras de Pompeya, es decir las comprendidas entre los siglos II a.C. y I d.C. (Abad Casal, 1982a). Posteriormente se fue ampliando el campo de estudio, tanto en la datación cronológica como en la procedencia geográfica, incluyendo de este modo la pintura provincial originada en todas las regiones del Imperio.

En el caso concreto de la pintura mural hispano-romana, su estudio se empezó a desarrollar en la década de los años setenta, de la mano de Lorenzo Abad Casal (1982b). Gracias a ellos se establecieron diversos puntos de partida sobre la pintura mural de las provincias, recopilando lo que hasta ese momento había pasado desapercibido y estableciendo las nuevas líneas de investigación a seguir.

- El primer punto derivado de ese estudio es la identificación de una evolución de las decoraciones bastante coetánea en todas las provincias, perfilando dos grupos: provincias orientales y provincias occidentales. Mientras que las decoraciones de la parte occidental de España ofrecen, en su mayoría, soluciones y ejemplos originales que no se encuentran en el resto del Imperio, la zona del levante sigue más las modas imperiales; se aprecia también otra ligera variante en el sur, manteniendo las tradiciones indígenas, aun observándose una influencia del clasicismo (Mostalac Carrillo, 1992); esta idea estaría justificada por la existencia de *pictores pelegrini* que se desplazarían de un lado a otro difundiendo sus cartones (Abad Casal, 1982a).

- El segundo punto fue la comprensión de la dificultad o imposibilidad, en la mayoría de los casos, de la datación de un revestimiento simplemente a través de su esquema compositivo y de su análisis estilístico; éstos pueden variar en el tiempo, presentándose el mismo esquema decorativo en dos lugares distintos y datándose en momentos diversos, pues dependen además del proceso de romanización que ha sufrido el lugar. Del mismo modo, resulta difícil conocer las renovaciones que se han llevado a cabo en los revestimientos y la frecuencia con la que éstos se han efectuado, por lo que, aún cuando la pintura mural estudiada se conserva *in situ* es complicado datarla con exactitud.

- Finalmente, el último punto derivado de los estudios fue la necesidad de abandonar las pinturas murales procedentes de Pompeya y sus correspondientes estilos como referencia para la datación cronológica del resto de revestimientos. Respaldado por el punto anterior, cada pintura mural debe compararse y analizarse con respecto a sí misma y a lo correspondiente a su época y entorno, no con esquemas anteriores ni externos. Hasta ese momento estaba estipulado que todas las expresiones artísticas nacían en Roma y se difundían desde allí o, al menos, pasaban por Roma; sin embargo, se ha demostrado que muchas corrientes nacían en las provincias y se desarrollaban en su entorno (Abad Casal, 1982a).

Del mismo modo, se empezó a mostrar cierta preocupación por los autores de los revestimientos murales y aspectos básicos tales como la forma de realizar el trabajo, la agrupación en distintos talleres o la consideración artística de los pintores. En este sentido, Guiral Pelegrín y Mostalac Carrillo (1994b) efectuaron un estudio que intentaba dar respuesta a dichas preguntas.

Gracias a dicho estudio se sabe que la ejecución de los revestimientos se llevaría a cabo por talleres donde se agruparían los distintos especialistas (Fig. 21). Éstos recibirían su nombre en función de la actividad específica que realizasen; de esta manera, el *dealbator* sería el encargado de blanquear la pared y el *tectorius* aquel de desarrollar el trabajo más delicado, el estucador (Olmos Benlloch, 2006). Los *pictores* dependiendo de su especialización también reciben un nombre u otro, siendo *pictor scaenarius* el encargado de realizar los escenarios teatrales; *pictor coronarius*, el que se dedicaría a pintar las cornisas; *quadrigularius*, de cuadrigas; *colorator*, aquel poco especializado encargado de aplicar los colores de fondo; y, finalmente, el *pictor imaginarius*, que sería aquel que realizaría las escenas más complejas. Asimismo, el estipendio que recibirían, que no era excesivamente alto, dependería también de su rango, siendo mayor para los *imaginarii* que para los *parietarii*; con él, además, debían costear los materiales y el instrumental que empleaban, a excepción de los denominados pigmentos *floridi*, que debido a su alto coste eran pagados por el cliente (Guiral Pelegrín & Mostalac Carrillo, 1994b).

Finalmente, el examen de restos arqueológicos hallados en Pompeya ha permitido reconstruir la forma en la que trabajaban dichos talleres. En la *casa dei Casti Amanti* en el momento de la erupción se estaban desarrollando labores de decoración parietal en dos estancias diversas: en el salón y en una estancia colindante al jardín que, en ese momento, funcionaba como depósito de materiales. En ambos espacios se han hallado diversos recipientes con pigmentos en su interior, así como un mortero destinado a la preparación de los colores y ánforas con cal de distinto tipo en su interior. Asimismo, el estado en el que se han encontrado las paredes ha permitido confirmar que el proceso de ejecución de los revestimientos era de arriba hacia abajo con la ayuda de un andamio de madera, ya que ha sido posible apreciar la impronta del mismo (Varone & Bearat, 1996).

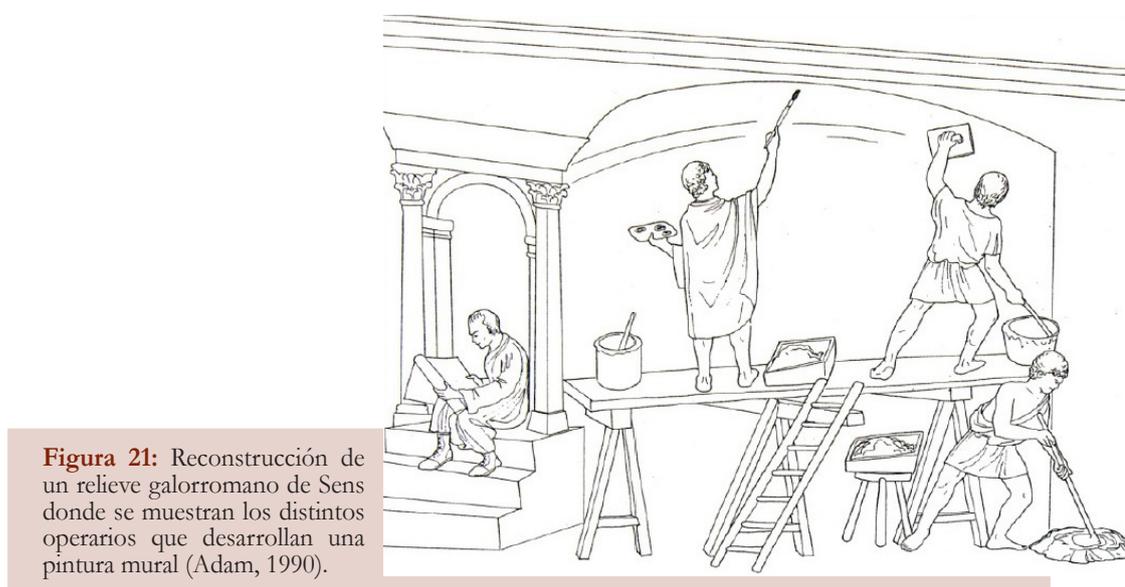


Figura 21: Reconstrucción de un relieve galorromano de Sens donde se muestran los distintos operarios que desarrollan una pintura mural (Adam, 1990).

2.2.1.1.- Sistemas decorativos

La escasez de grandes conjuntos decorativos de pintura mural romana provocó que las pinturas procedentes de Pompeya se convirtieran en patrón de comparación y referencia, hasta tal punto que A. Mau (1882) realizó su clasificación en cuatro estilos.

El **I estilo**, conocido con el nombre de “incrustación” consiste en una decoración muy simple, representando al muro con sillares con relieve que pretenden imitar el prestigio de las grandes ciudades helenísticas (Fig. 22). En el caso de la península ibérica, este estilo se encuentra en el valle del Ebro, y datan de la segunda mitad del siglo II a.C., fecha de introducción de la pintura mural romana en España. Presentan un amplio abanico de imitaciones de rocas, donde reproducen su textura y su color, así como representaciones de cubos en perspectiva (Mostalac Carrillo, 1992).



Figura 22: I Estilo (Capitolium, s.f.).

El **II estilo** se caracteriza por la negación del carácter opaco y cerrado del muro, siendo una pintura ilusionista (Fig. 23). Se trata de una arquitectura ficticia o con grandes composiciones figurativas. En España, el segundo estilo empieza en el año 100 a.C. aproximadamente, y muestra una clara influencia de la arquitectura escénica teatral. Los pintores intentaban ampliar el espacio incluyendo representaciones en los que hacía partícipe al espectador (Mostalac Carrillo, 1992).



Figura 23: II Estilo (Cardone, 2018).

A su vez, el **III estilo**, estilo fantástico, presenta elementos imposibles e irreales, acentuando el valor cerrado y opaco del muro con colores muy vivos y presentando elementos arquitectónicos como candelabros, festones o guirnaldas (Fig. 24). Los fondos se tornan opacos y de colores lisos, normalmente rojos, amarillos, negros, blancos, azules o verdes, y sobre ellos se representan ornamentos arquitectónicos, guirnaldas, paisajes o figuras (Mora, Mora & Philippot, 2003).

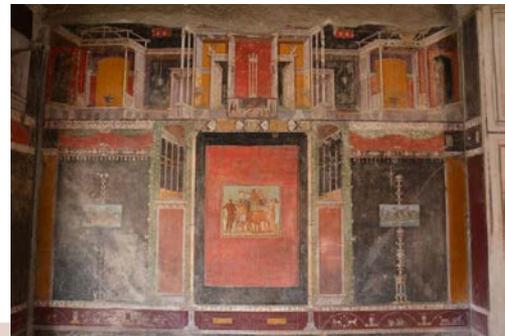


Figura 24: III Estilo (Capitolium, s.f.).

Por último, el **IV estilo**, desarrollado en la última época Julio-Claudia y en la época de los Flavios, supone un cambio tanto en las composiciones como en los repertorios ornamentales (Fig. 25). En la península ibérica, se mantendrán ciertos modelos ya reconocidos en el estilo anterior y surgirán las “orlas caladas” que, al igual que los candelabros en el tercer estilo, serán característicos de éste (Mostalac Carrillo, 1992).

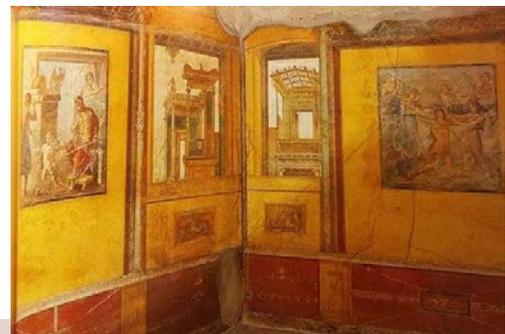


Figura 25: IV Estilo (Memoli, 2016).

Sin embargo, tal y como se ha señalado previamente, para Abad Casal no resultaba lícito juzgar las pinturas murales datadas en épocas posteriores, y procedentes de las provincias, por los esquemas compositivos establecidos en las ciudades vesubianas (Abad Casal, 1982a). A partir de finales del siglo I d.C., las pinturas de *Hispania* adquieren cierta autonomía, encuadrándose en el denominado por algunos autores **cuarto estilo en las provincias** (Fernández Díaz, 2004). Tal y como indican Guiral Pelegrín, Fernández Díaz y Cánovas Ubera (2010), este estilo está definido por “continuidad, innovación y renovación”:

- La continuidad se manifiesta en los esquemas articulados en paneles anchos lisos y estrechos decorados con candelabros o con tallos vegetales simples.
- La renovación se constata en las decoraciones con grandes arquitecturas en perspectiva que recuperan los modelos del II estilo, con una particular interpretación de los mismos, que puede considerarse una corriente arcaizante que parece centrarse en la época antonino-severiana.
- La innovación se hace presente en la aparición de nuevos sistemas compositivos, algunos de los cuales son muy comunes, como el ascenso de las imitaciones de *crustae* marmóreas a la zona media y alta de la pared; otros, sin embargo se constatan sólo esporádicamente en las pinturas provinciales y, finalmente, incluimos en este mismo apartado las paredes de fondo blanco que, aunque ya constatadas en épocas anteriores, en *Hipania* se realizan a lo largo del siglo II. (p. 277)

Por otro lado, a pesar de que los esquemas decorativos varían según el tipo de edificio, se registran algunas constantes como el esquema tripartito, empleado sobre todo en casas particulares (Fig. 26). Éste responde a la manera en que se extendían las capas de mortero sobre el muro, empezando por la zona alta y emplazando el andamio a dos alturas distintas. De esta manera, el mortero se extiende en tres momentos diversos, tres *pontate*, que corresponden con la superficie abarcable en cada posición del andamio (Allag & Barbet, 1972; Mora, Mora & Philippot, 2003). Éstas corresponden a:

- Zona superior (friso): se trata de la zona más alta, la que primero se realiza. Dicha zona en un primer momento gozaba de gran importancia en el esquema compositivo, pero poco a poco se fue reduciendo hasta quedar en una cornisa moldurada de yeso o cal, en ocasiones decorada y policromada (Abad Casal, 1982b). Las formas utilizadas para esa decoración en relieve son muy diversas y todas se repiten posteriormente en el Renacimiento, siendo el clásico marco con óvulos y dentículos, flores, rosetones, meandros, volutas y hojas de acanto (Famiglietti & Scioscia Santoro, 2001).
- Zona media: normalmente está compuesta por grandes paneles con bandas de separación. Los paneles suelen ser monocromos y se encuadran con trazos finos o filetes; las bandas de separación, a su vez, pueden albergar elementos ornamentales como decoración geométrica o de candelabros, así como mantenerse lisas y sin decoración.
- Zona inferior (zócalo): suele ocupar 1/4 o 1/3 de la altura total de la pared, emplazándose en la zona más baja de la misma. Normalmente está dividido en paneles rectangulares que pueden alternar motivos decorativos como decoraciones vegetales, animales, imitación de mármol, etc (Abad Casal, 1982b).

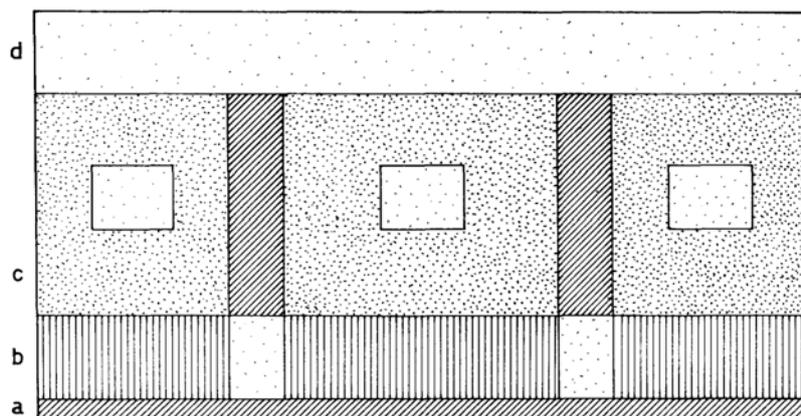


Figura 26: Esquema ideal de la distribución decorativa de una pared romana: a) rodapié, b) zócalo, c) parte media, d) friso (Abad Casal, 1982b).

Elementos decorativos

Numerosos son los recursos ornamentales empleados en la decoración parietal de época romana. Dado que no es éste el objetivo de esta tesis doctoral, no se detallan aquí todos y cada uno de ellos, sino que se señalan aquellos que se han encontrado en la decoración de los revestimientos murales de la Sala del Mosaico de los Amores de *Castulo*, objeto de estudio de este trabajo. De esta manera, no se han mencionado elementos característicos de un estilo concreto, como es el caso de las orlas caladas, ni se ha entrado a analizar otro tipo de representaciones como escenas figurativas complejas, no identificadas en este caso.

Como se ha comentado anteriormente, una estructura compositiva muy repetida en toda la época romana es la que alterna, en la zona media, paneles anchos y lisos con otros estrechos y decorados (Guiral Pelegrín, 2010); éstos, en muchas ocasiones, están formados por una decoración de candelabro central y unos filetes de encuadramiento.

Con el nombre de **candelabros** se designa a unos motivos decorativos que aparecen en el III estilo pompeyano y alcanzan su máximo esplendor en el IV, desarrollándose en las provincias a partir de la segunda mitad del siglo I d.C. (Guiral Pelegrín, 1991). Siendo uno de los sistemas decorativos más representados, la variedad de motivos en su repertorio queda justificado; estas decoraciones están constituidas por un amplio abanico de elementos, desde simples tallos verticales acompañados de motivos vegetales y flores, como representaciones más complejas donde aparecen animales como palomas e, incluso, cabezas humanas y figuras mitológicas y, finalmente, imitaciones de candelabros metálicos de diversas formas y tamaños (Fig. 27) (Guiral Pelegrín, Fernández Díaz & Cánovas Ubera, 2010). Dentro de la decoración provincial, se localizan dos tipos de candelabros: el primero, de tipo vegetal con un tallo central delgado y con elementos vegetales; y, el segundo, con la parte vegetal inexistente o en muy baja proporción (Abad Casal, 1982b).



Figura 27: Decoración de candelabro. Domus de la Fortuna, Cartagena.

Junto con los candelabros, los **filetes de encuadramiento** son otro de los elementos característicos de la decoración mural de época romana. Éstos son característicos del III estilo pompeyano, surgen para sustituir los trazos de encuadramiento que se realizan en el II estilo. Pueden ser dobles o triples. En el primer caso, están formados por dos líneas, generalmente juntas, monocromas o bícromas, presentando una anchura total que oscila entre 5 y 10 mm; en el segundo, los filetes triples, la línea intermedia suele ser más gruesa y de un color diferente a las otras dos. Los filetes triples presentan dos variantes en la península ibérica: dos líneas blancas que flanquean un trazo central blanco, azulado o violáceo, o un trazo central verde ejecutado sobre un fondo rojo (Fig. 28). Una variación de este recurso son los ángulos rellenos de color o decorados con una alineación de puntos (Mostalac Carrillo & Guiral Pelegrín, 1990).

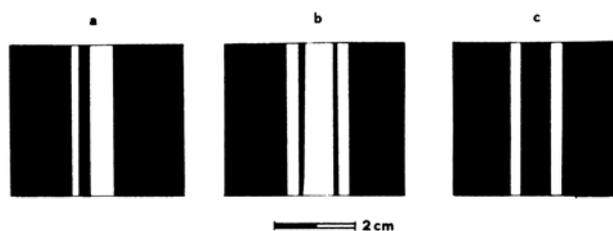


Figura 28: Tipologías de filetes de encuadramiento identificados en *Caesaraugusta* (Mostalac Carrillo & Guiral Pelegrín, 1990).

En cuanto a la decoración de los zócalos, predominan los **motivos geométricos**. Éstos consisten en la sucesión tanto de figuras geométricas simples, como otras combinadas más complejas; del mismo modo, pueden representarse de manera continua o alterna. Su representación está muy extendida, llegándose a emplear también en la decoración musivaria (Abad Casal, 1982b).

Finalmente, otro de los recursos decorativos más repetidos en las pinturas murales romanas son las **imitaciones de mármol**. Este tipo de ornamentación, radica en representar sobre la superficie a decorar una o varias placas de mármol (Fig. 29). Se suelen disponer en los zócalos de tres maneras distintas: una banda corrida decorada con un solo tipo de mármol o granito; un zócalo imitando un revestimiento de placas de mármoles diferentes; o, la imitación de *crustae* marmóreas, placas de mármol recortadas de forma geométrica y que se combinan de manera que forman diseños geométricos (Guiral Pelegrín, 2010); éstas últimas surgieron para reducir el elevado coste de efectuar los revestimientos parietales en mármol (Abad Casal, 1977). En los estilos locales de *Hispania*, el siglo II d.C. las imitaciones marmóreas abandonan la posición en el zócalo para ascender en el esquema compositivo y posicionarse en la zona media de la pared (Guiral Pelegrín, Fernández Díaz & Cánovas Ubera, 2010).



Figura 29: Imitaciones de mármol en el Santuario republicano de Brescia (Fondazione Brescia Musei).

Como ya se ha indicado, esto es solo una breve reseña de los elementos decorativos que se han encontrado en las pinturas murales de la Sala del Mosaico de los Amores de *Castulo*; sin embargo, los recursos ornamentales empleados en época romana son muy numerosos y variados, llegando a formar complejos temas y sistemas decorativos (Bragantini, 2004).

2.2.1.2.- Técnica de ejecución

A partir del descubrimiento de las ciudades vesubianas, la historia de la pintura mural antigua se ha hecho inseparable del debate creado sobre su técnica de ejecución. En el siglo XVIII empezó una discusión entre los defensores de la teoría que asignaba la realización de las pinturas murales a la técnica de pintura al temple y los que, por el contrario, defendían su ejecución mediante encausto o al fresco. Simultáneamente, esta polémica derivó en otro debate acerca del tratamiento de conservación y restauración de las pinturas, dejando patente, una vez más, que técnica de ejecución y proceso de restauración van siempre de la mano (Prisco, 2013).

SopORTE

De los diversos textos clásicos que describen el procedimiento de la pintura mural en época romana es, sin duda alguna, el escrito de Vitruvio el que registra con mayor detalle las características y la técnica de ejecución de los revestimientos. En su VII libro ilustra el procedimiento a seguir para la decoración de una casa: en primer lugar, indica cómo se deben construir los pavimentos; en segundo, el procedimiento correcto para preparar la cal que formará parte del mortero; asimismo, ofrece pautas para la realización de una bóveda o la ejecución de cornisas decorativas (Vitruvio, VII). Finalmente, indica con detalle el número de capas de mortero que debe de haber y su espesor.

Según Vitruvio, es necesario nivelar las paredes con una primera capa de argamasa; cuando ésta esté ya seca, se deben extender capas de otro mortero a base de arena, que se nivelan con la ayuda de una cuerda y escuadras. Después de haber aplicado un mínimo de tres capas de mortero de cal y arena, se deben extender otros tres estratos de mortero de cal y polvo de mármol, teniendo la precaución de que cada uno sea más fino que el anterior (tanto en grosor como en granulometría) (Mora, Mora & Philippot, 2003; Vitruvio, VII). Abad Casal realiza una aclaración a estas pautas ya que, según él, Vitruvio haría referencia a siete capas de mortero; en ellas, la primera, llamada *trullissatio*, se emplearía para igualar y nivelar la superficie del muro, y las otras seis, llamadas *directiones*, corresponderían a las señaladas anteriormente y son las que disminuirían de espesor conforme se acercan a la superficie (Abad Casal, 1982c). Por otro lado, según Daniela Daniele y Corrado Gratziu (1996), cuando Vitruvio hace referencia al polvo de mármol, en realidad se estaría refiriendo a calcita espática; ambos tienen idéntica composición química pero difieren en su sistema de cristalización (Vlad Borrelli, 2015).

A pesar de que las circunstancias en las que se encuentra la pintura mural arqueológica, bien *in situ* o bien desprendida, dificulta la observación de la totalidad de los estratos de mortero original, se podría afirmar que estas recomendaciones de extender siete capas de mortero,

se cumplen en solo dos casos. Éstos, además, resultan paradigmáticos, ya que por un lado, pertenecen a decoraciones parietales de propiedades imperiales de los posibles patronos de Vitruvio y, por otro, fueron ejecutadas en el mismo momento en el que él escribió sus textos; se trata de la Casa de Livia y la Villa Farnesina, en Roma (Olmos Benlloch, 2006). Por esta razón, en un primer momento se pensó que las pinturas murales de las provincias no tenían la misma calidad que las de Roma, y que por ello no se encontraban revestimientos que cumplieren la descripción vitruviana; sin embargo, esa afirmación queda hoy desmentida al encontrarse excelentes ejemplos de pintura mural también en las provincias. Por el contrario, sí se reconocen variantes en la calidad de los revestimientos parietales según su emplazamiento, el poder adquisitivo del cliente o la habilidad del operario, si bien siempre se rigen por esquemas similares (Abad Casal, 1982c). Entre dichas variantes, resulta bastante común encontrar decoraciones parietales con tres capas de mortero; es el caso de las pertenecientes a las viviendas del barrio de las termas en *Bilbilis* (Lope Martínez, 2004). En otras ocasiones, se han hallado revestimientos murales que presentan solo dos capas de mortero, como el caso de algunas de las decoraciones procedentes de *Caesarangusta* (Mostalac Carrillo & Guiral Pelegrín, 1987).

Además del polvo de mármol anteriormente mencionado, Vitruvio indica con mayor precisión el árido a emplear junto con la cal para la realización del mortero. Para ello, divide el árido en tres clases: el árido de río, que corresponde al más idóneo por ser el de mayor calidad; el árido de cantera, de calidad intermedia; y, finalmente, el árido proveniente del mar (Abad Casal, 1982c). En este último caso, Palladio realiza una puntualización, indicando la necesidad de dejar la arena marina inmersa en agua dulce durante un tiempo para que ésta pierda su salinidad (Olmos Benlloch, 2006). Asimismo, Vitruvio indica otros posibles componentes para el mortero en función de las características que éste necesite; en este aspecto se señalan la adición de puzolana o de restos cerámicos (Allag & Barbet, 1972).

A la hora de unir los distintos estratos de mortero, la superficie entre uno y otro debe quedar rugosa, de manera que el área de contacto entre ambos sea mayor (Fig. 30). Para ello, se puede pasar un pincel de cerda dura sobre el mortero fresco para que deje su impronta, realizar una serie de incisiones, también con el mortero húmedo, con las manos o con un instrumento punzante, o bien, picar la capa de mortero cuando esté ya seco. Otra forma de aumentar la superficie de contacto es añadiendo elementos ajenos a los propios materiales constituyentes del muro. En este caso, se puede crear un sistema de trabazón mediante guijarros gruesos, clavos o fragmentos de cerámica o ladrillo, introduciéndolos hasta la mitad en una de las capas de mortero a unir; también se pueden colocar cañas o listones de madera entre ambas capas de mortero (Abad Casal, 1982c).

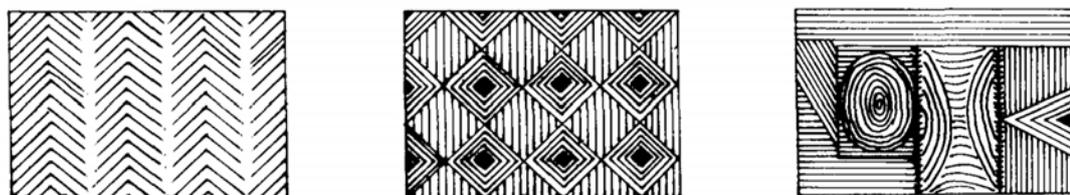


Figura 30: Sistemas de trabazón de los estratos de mortero (Abad Casal, 1982c).

La última capa, según Vitruvio, estaría compuesta por cal y mármol molido (o calcita espática como se ha indicado anteriormente); es la que recibiría la pintura y es conocida con el nombre de estuco. Para su aplicación, se dividiría el muro en tres tercios, comenzando por el tercio superior; es por ello que la mayoría de las decoraciones murales romanas presentan un esquema tripartito. En muchas ocasiones, resultaba necesario esbozar un esquema básico de la composición de la decoración parietal. Esta acción se podría llevar a cabo según tres procedimientos: esbozar el motivo con un pincel fino impregnado en pintura, normalmente ocre, amarilla o roja; realizar una señal sobre el enlucido fresco con un cordel tirante impregnado en pintura; o, grabar con un objeto punzante en el enlucido aún fresco el motivo a representar (Abad Casal, 1982c; Allag & Barbet, 1972). La pérdida de parte del color de la capa pictórica permite observar estos trazos que, en ocasiones, se hacen más evidentes con la ayuda de luz rasante.

Paleta romana

Diversos autores clásicos señalan los pigmentos pertenecientes a la paleta romana, siendo los más explícitos Vitruvio y Plinio; el primero de ellos identifica 24 pigmentos diferentes, mientras que el segundo caracteriza 35. Numerosos son los estudios que han perseguido identificar los pigmentos caracterizados en las pinturas murales romanas con aquellos descritos por los autores clásicos, entre los que destacan la investigación de Selim Augusti (1967), quien identificó 27 pigmentos diferentes, y la de Hamdallah Bearat (1996) que caracteriza 28.

Todos ellos dividen los colores en naturales y artificiales. Los pigmentos minerales naturales son los que se encuentran en la naturaleza en forma de óxidos, sulfuros, carbonatos, etc. Requieren una preparación sencilla, dejándolos secar al sol tras su extracción y machacándolos, tamizándolos y decantándolos para obtener una mayor calidad. A su vez, los pigmentos minerales artificiales tienen una composición bien definida, obtenida bien a seco o bien por vía húmeda, precipitando a partir de una solución química. Por otro lado, los pigmentos orgánicos naturales se obtienen a partir de restos animales o gracias a la maceración de madera, frutas u hojas, mientras que los orgánicos sintéticos son derivados de las anilinas, los fenoles, etc. (Mora, Mora & Philippot, 2003).

Plinio divide a su vez los pigmentos en dos grupos: *floridi* y *austeri*. Dentro del primer grupo entrarían *Minium*, *Armenium*, *Cinnabaris*, *Chrysocolla*, *Purpurissum* e *Indicum*, entre otros, y el propietario tendría la obligación de proporcionárselos al pintor. Los demás estarían dentro del grupo *austeri*. Dicha clasificación se rige por la distinción económica: *austeri* serían los pigmentos baratos, mientras que *floridi*, los más caros; también se les adjudica la propiedad a los *floridi* de ser los más luminosos, mientras que los *austeri* serían los oscuros y apagados (Abad Casal, 1982d). En base a esta clasificación, W. Lepik-Kopaczynska (1958) edifica su teoría de que esta separación distinguiría entre colores translúcidos y colores opacos, por lo que, en el caso de superposición de capas, los colores *floridi* deberían ser los empleados en la capa superior.

Entre los pigmentos que aparecen en la paleta romana se encuentran los siguientes (Abad Casal, 1982d):

- **Rojos:** *Minium*, en la Antigüedad correspondería al sulfuro de mercurio y no al óxido de plomo, este último sería el *Minum secundarium* (Vlad Borrelli, 2015): *Rubricae*, obtenido a partir de óxidos de hierro, su composición es hematites con impurezas de sílice y arcillas, también obtenido por calcinación de ocre amarillo; *Cerussa usta*, obtenido al cocer la *Cerussa* blanca; y *Cinnabaris indicus*, el actual “sangre de dragón”, obtenido por resinas de plantas.

- **Amarillos:** *Ochrae*, formado por hidróxido de hierro en forma de limonita; *Auripigmentum*, trisulfuro de arsénico que aparece recubriendo el bisulfuro de arsénico o *Sandáraca*; y la imitación del *Sil atticum*, realizado a base de violetas secas y hervidas.

- **Blancos:** *Paraetonium*, caliza mezclada con *detriti* marinos; *Cretae*, a partir de restos fósiles calcáreos, y *Cerussa*, correspondiente al blanco de plomo actual.

- **Negros:** *Atramentum*, correspondiente a negro de humo y producido al quemar aceites y resinas; y *Elephantinum*, obtenido al quemar residuos obtenidos en el trabajo del marfil, por lo que está compuesto de una fase inorgánica consistente en fósforo, calcio y magnesio, y una fase orgánica compuesta por colágeno y una pequeña proporción de grasas (Eastaugh, Walsh, Chaplin & Siddall, 2008).

- **Azules:** *Caeruleum aegyptium*, azul egipcio, el pigmento artificial más antiguo después del negro de carbón, obtenido al tratar la sílice a altas temperaturas junto con una sal de cobre y una sal de calcio (Vlad Borrelli, 2015), e *Indicum purpurissum*, extraído a partir del limo adherido a los juncos.

- **Verdes:** *Creta viridis*, tierra verde, procedente de la glauconita y de la celadonita (AA. VV., 1986); *Chrysocolla*, verde natural a base de malaquita o carbonatos de cobre y hierro y *Aerugo*, verde artificial a base de acetato básico de cobre. El empleo de este color revela particularismos locales: en la pintura cretense se superpone azul y amarillo para su creación, en Egipto se emplean de manera exclusiva pigmentos a base de cobre y en el mundo romano existe un uso preponderante de las tierras verdes (Delamare, 1987a).

- **Violetas:** *Purpurissum* u *Ostrum*, obtenido al teñir la creta argentaria con una sustancia procedente de las cañailas.

Se debe señalar además que en ocasiones, los colores son fruto de la alteración de un pigmento. Es el caso del cinabrio, que expuesto al aire libre o empleado en enlucidos se degrada, o de la goethita, de color anaranjado, que se transforma en hematites, de color rojo, al superar los 260°C de temperatura, suceso que tuvo lugar en las pinturas de las casas pompeyanas (Delamare, 1987b; Mora, Mora & Philippot, 2003).

Técnica de ejecución

Si bien, los materiales constituyentes del mortero y las características del mismo, así como los pigmentos que constituyen la paleta romana, son poco debatidos por los diversos autores que tratan sobre el tema de la pintura mural romana, no ocurre lo mismo con la técnica empleada en la ejecución de las mismas. Como se ha indicado al principio de este apartado, con el descubrimiento de las pinturas murales procedentes de Pompeya y Herculano comenzó una interminable disputa sobre el procedimiento que se había llevado a cabo a la hora de su ejecución. A pesar de lo expuesto por Vitruvio en sus escritos, en el siglo XVIII surgen dudas acerca de la posible ejecución de las pinturas murales romanas siguiendo la técnica al

fresco, pues las obras realizadas de esa manera en el Renacimiento y el Barroco presentaban una superficie rugosa y cubriente, características opuestas a las encontradas en las ciudades vesubianas (Mora, Mora & Philippot, 2003).

Diversas son las teorías que han surgido alrededor de la interpretación de los textos clásicos y de la técnica de ejecución de las pinturas, si bien la mayoría de ellas coinciden en el empleo de la **técnica al fresco**. Ésta consiste en la fijación de los pigmentos por efecto de la carbonatación de la cal; para ello, los colores se deben aplicar sobre un enlucido de cal aún húmedo. El hidróxido de calcio procedente del mortero húmedo, al entrar en contacto con el anhídrido carbónico del aire forma una película de carbonato cálcico que garantiza la adherencia de los colores al soporte. Es lo que tradicionalmente se conoce con el nombre de *buon fresco*. Dado que, siguiendo esta técnica, la última capa de enlucido no se puede extender en su totalidad, sino solo la superficie que pueda ser pintada en un día, una característica muy representativa del fresco son las uniones por jornadas, o *giornate*.

En el Renacimiento y el Barroco, el aspecto de la superficie pictórica que se obtenía al aplicar esta técnica difiere, completamente, del acabado brillante y pulido de los revestimientos murales, por lo que durante el siglo XVIII empiezan a surgir diversos debates sobre la verdadera técnica empleada por los romanos, entre las que se citan su ejecución mediante **temple**, consistente en aplicar sobre mortero seco los distintos colores ligados con un aglutinante que puede ser cola, goma arábiga, leche, huevo, caseína, aceite o, incluso, agua de cal, o mediante la técnica del **encausto**, donde los pigmentos se aglutinan con cera (Mora, Mora & Philippot, 2003).

Si bien la teoría del uso del temple es una de la menos comentadas formulada a finales de 1910 por Raehlmann con la que, según él, los pigmentos se habrían fijado con una mezcla de cal, caseína y otro aglutinante orgánico (Raehlmann, 1910), aquella que más adeptos tiene, como se ha señalado, es la técnica al fresco. Según la interpretación que Mora, Mora y Philippot (2003) hacen de los textos de Vitruvio, el acabado brillante de la superficie se debería a la realización de *politiones*¹⁶, un pulido del enlucido final que se ejecutaba con un instrumento duro y que era favorecido por la presencia, en el mismo, de polvo de mármol o arcilla. El uso de pigmentos arcillosos o la adición de una arcilla muy blanca a los pigmentos o al enlucido favorecen, además del pulido, la ralentización del secado, lo que se traduce en una pintura más luminosa. La arcilla y la cal otorgan, además, una untuosidad característica responsable de la suposición del uso de cera en la ejecución de las pinturas. En algunos revestimientos murales, como los de *Solunto*, es posible apreciar en la superficie pictórica trazas de uñas, incisiones y aplastamientos que corroboran esta técnica de *politiones* (Camerata Scovazzo, Villa, Mandina, Gratziu, Moscato, Ferrucci & Sebastianelli, 2005).

A la teoría defendida por Mora, Mora y Philippot se contraponen otras muchas en las que se opta por el encausto. Vincenzo Requeno, por ejemplo, plantea el uso del fresco sólo para la ejecución de los fondos, mientras que el resto de la decoración se realizaría con encausto o al temple (Mora, Mora & Philippot, 2003). Ernst Berger coincide con él defendiendo la teoría de la ejecución de los fondos al fresco, pero añade que el último estrato de enlucido

¹⁶ Aquí se emplea el término que usan Mora, Mora y Philippot. Abad Casal se refiere a esta técnica como *expolitiones*.

estaría teñido en masa. Según él, los colores aplicados posteriormente sobre la capa pictórica ya enlucida no se fijarían por el proceso de carbonatación, por lo que deberían de aplicarse aglutinados con cal y jabón, que podría proceder del aceite de lino saponificado; esta técnica recibiría el nombre de “*stucco lustro*”. Sin embargo, para Mora, Mora y Philippot, esta última hipótesis sería una interpretación errónea del proceso que Vitruvio señala como *kausis* o *ganosís*, empleado por los pintores para proteger las pinturas murales que estuviesen al aire libre; ésta consistiría en la aplicación de una capa de cera sobre la capa pictórica, estando ésta ya seca, que sería calentada y lustrada (Mora, Mora & Philippot, 2003).

Finalmente, con la restauración de las pinturas murales del *Capitolium* de Brescia, Angelo Ardovino (2005), no desestima por completo la teoría de las *politiones* de Mora, Mora y Philippot, pero sí que defiende un tratamiento de la superficie mucho más complejo, ya que el análisis efectuado a dichas pinturas identificó diversas maneras de aplicación del color: sobre los diferentes estratos de mortero, reconoció un estrato constituido por arcilla o caolín sobre el que se habrían aplicado los pigmentos aglutinados con distintas técnicas, entre las que se caracterizaron el agua de cal, cal mezclada con arcilla o goma arábiga (Vlad Borrelli, 2015).

De todo ello se deduce que la caracterización de la técnica de ejecución exacta mediante el análisis y el estudio de los distintos ejemplos de pintura mural romana resulta complicado y, en la mayoría de los casos, no concluyente. Los resultados de los análisis de una pintura al fresco y una realizada al temple de cal son muy similares pues ambas técnicas presentan los mismos componentes. Por otro lado, los análisis de los aglutinantes quedan sometidos al deterioro que éstos han podido sufrir a lo largo del tiempo. Numerosos son los estudios que se han realizado para la identificación de la técnica pictórica empleada (Casoli & Santoro, 2012; Corso, Gelzo, Sanges, Chambery, Di Maro, Severino, Dello Russo, Piccioli & Arcari, 2012; Cuní, Cuní, Eisen, Savizky & Bové, 2012; Gelzo, Grimaldi, Vergara, Severino, Chambery, Dello Russo, Piccioli, Corso & Arcari, 2014), sin embargo, se ha percibido que cada grupo de investigación tiende a caracterizar siempre el mismo tipo de aglutinantes; es por ello que Jorge Cuní (2016), señala la necesidad de la elaboración de un protocolo específico para la toma de muestras destinadas a este tipo de análisis y de la influencia que los microorganismos tienen en ellas.

2.2.2.- Pintura mural tardoantigua

Lejos queda ya la idea de la crisis que sufrió el mundo romano en el siglo III y que supuso la desaparición de la vida urbana a favor de la vida rural. En contra de lo que se pensó durante mucho tiempo, en lugar de la extinción de la ciudad se produjo la transformación de la misma. De este modo, en la ciudad tardoantigua se empezaron a gestar características nuevas que terminaron convirtiéndose en una nueva realidad, diferenciándola de la ciudad clásica conocida hasta el momento. Dentro de estas modificaciones se encuentra la aparición de nuevos centros religiosos, el abandono de edificios cuya función ya no tiene sentido tales como los santuarios o las construcciones destinadas al espectáculo, la invasión de los espacios públicos o la introducción de sepulturas en la región intramuros (Baldini, 2016; Ventura Francisco, 2012).

Sin embargo, las transformaciones no se produjeron solo en los núcleos urbanos, sino que la sociedad entera sufre este momento de conflicto y modificación debido, entre otras razones, al nacimiento del cristianismo. La propagación del mismo en la península fue lenta ocasionada por algunos inconvenientes tales como el idioma, la escasa existencia de núcleos judíos en *Hispania* a través de los cuales se realizaba la predicación o el nivel de romanización existente en el momento, cuya política era reacia a la desaparición de sus dioses. Todo ello contribuyó a que durante el siglo IV convivieran cristianismo y paganismo, siendo un foco más de tensión y transformación (Arce Martínez, 1971).

Dichas circunstancias quedan reflejadas en la expresión artística del momento, donde coexisten tanto las decoraciones parietales de las villas y las domus como las primeras representaciones del arte cristiano. A continuación se exponen cada una de ellas en los dos apartados siguientes.

2.2.2.1.- Pinturas murales residenciales

En líneas generales, es posible encontrar en esta época dos tipos de residencias decoradas con pinturas murales: villas rurales, construidas a partir del siglo III d.C. y que ostentan cierto lujo y riqueza, y palacios urbanos siendo, en su mayoría, remodelaciones de construcciones anteriores. En todas ellas, la decoración parietal adquiere una relevancia especial ya que se convierte en un recurso utilizado en la “ritualización” de la llegada y de la aparición pública del propietario (Mar & Verde, 2008).

Las pinturas murales de estos ámbitos resultan una continuación de las decoraciones parietales de época romana. En primer lugar, el soporte sobre el que se ejecutan las decoraciones sigue siendo un mortero compuesto por cal y árido, generalmente de naturaleza silíceo. Al igual que en la época precedente, dicho mortero se extiende en diversos estratos aunque en ocasiones no se identifica tan claramente la disminución de la granulometría del árido en los estratos más superficiales, como ocurre en las decoraciones murales de la villa tardorromana de El Saucedo (Castelo Ruano, Donate Carretero, López Pérez, Pardo Naranjo & Medina, 2016). La técnica de ejecución que se emplea para las decoraciones vuelve a ser la utilizada en época romana, esto es, principalmente, la técnica al fresco; asimismo, la paleta tardoantigua está constituida por pigmentos idénticos a los de la paleta romana, tales como el azul egipcio, el rojo hematites o las tierras verdes (Bracci, Realini, Sacchi, Bartolozzi, Patrizia, Mazzei & Senserrich, 2013; Castelo Ruano, Donate Carretero, López Pérez, Pardo Naranjo & Medina, 2016).

Dicha situación se repite en cuanto a los esquemas decorativos se refiere. En este sentido, el esquema tripartito sigue estando presente en la decoración de las estancias tal y como se aprecia, nuevamente, en la villa tardorromana de El Saucedo, donde se conservan paneles e interpaneles de diversos colores correspondientes a la zona media del muro (Fig. 31)(Castelo Ruano, Donate Carretero, López Pérez, Pardo Naranjo & Medina, 2016). También es común encontrar reproducciones de elementos decorativos figurativos con motivos vegetales y animales; éstos pueden aparecer en los interpaneles (villa tardorromana de El Saucedo), dentro de una sucesión de casetones o formando parte de una banda monocroma como ocurre en las decoraciones parietales halladas en Piazza Boito y Piazza Meda, respectivamente,

ambas en Milán (Bagani & Mariani, 2012; Pagani, 2009).

Sin embargo, si hay un recurso decorativo que se repite con asiduidad y que, en esta época, adquiere mayor relevancia es, sin duda, la imitación de mármol. Ejemplo notable de ello es la *Domus* B de Santa Giulia en Brescia, donde las paredes están recubiertas por imitaciones de diversas variedades de mármol. La misma decoración se puede encontrar en la *Domus* de Oceano, en Luni. El desarrollo de este recurso es tal que se llega, incluso, a imitar las pequeñas piezas pétreas que forman una decoración de *opus sectile*, llegando a adquirir un alto nivel de realismo (Ghedini, Didoné & Novello, 2014).



Figura 31: Reconstrucción virtual de la decoración del *triclinium* de la villa tardorromana de El Saucedo (Castelo Ruano, Donate Carretero, López Pérez, Pardo Naranjo & Medina, 2016).

2.2.2.2.- Pinturas murales paleocristianas

El inicio cronológico del arte cristiano se puede datar en el siglo III; en el caso concreto de la pintura mural, las primeras obras corresponden a las **decoraciones parietales halladas en hipogeos privados y en catacumbas** (Bisconti, 2011; Strano, 2005).

Dado que no es el objetivo de esta tesis doctoral, no se contempla en esta revisión bibliográfica el debate existente sobre la funcionalidad de dichas decoraciones, si se realizaron con un fin doctrinal o no, así como tampoco se realiza un análisis de la iconografía en ellas representada. Sí cabe destacar, tomando las palabras de Fabrizio Bisconti (2006):

L'arte delle catacombe – quindi- è composita, è complessa, è articolata, non può essere liquidata con una definizione, con una valutazione unilaterale e complessiva. Non è soltanto un'arte dei morti e per i morti cristiani, ma è un'espressione, semplice solo nelle apparenze, che rivela la presenza attiva di una "storia dell'arte", di una tradizione figurativa, ricca di memorie ellenistiche, di schemi e apparati desunti dalla cultura classica, ma che denuncia subito la sua vocazione augurale e sotterica, avvalendosi degli strumenti paradigmatici degli *exempla* biblici. (p. 207)¹⁷

¹⁷ Traducción de la doctoranda: "El arte de las catacumbas, por lo tanto, es compuesto, es complejo, es articulado, no puede ser liquidado con una definición, con una valoración unilateral y global. No es solo un arte de los difuntos y para los difuntos cristianos, sino una expresión, simple solo en apariencia, que revela la presencia activa de una "historia del arte", de una tradición figurativa, rica de memoria helenística, de esquemas y recursos decorativos adquiridos de la cultura clásica, pero que denuncia inmediatamente su vocación auspiciosa y esotérica, haciendo uso de las herramientas paradigmáticas de los ejemplos bíblicos".

Al igual que sucede en el caso de las pinturas murales que decoran las residencias, en las decoraciones de las catacumbas sigue existiendo una continuidad en cuanto a materiales se refiere; sin embargo, debido a las condiciones ambientales especiales que presentan estos recintos, la técnica de ejecución ha sufrido modificaciones, adecuándose al alto nivel de humedad existente.

En un primer momento, esta disparidad de técnica fue atribuida a una disminución de la calidad de la obra, viendo en el arte de las catacumbas el momento de máximo declive del arte clásico. Las diferencias visuales que presentaban estos revestimientos en comparación con las pinturas murales de época romana introducían la duda sobre si habían sido ejecutadas con la técnica del *buon fresco*, del *mezzo fresco* o de la pintura a la cal. No solo la apariencia final difería de la de las pinturas de época romana, sino también otros aspectos: por un lado, la naturaleza del muro exigía la reducción de los estratos de preparación, restando en muchos casos a un solo estrato de enfoscado y a otro de enlucido; por otro, el alto nivel de humedad del ambiente permitía que el enlucido estuviese fresco durante mucho tiempo, por lo que no se hacían necesarias las líneas de unión de jornadas (Mazzei, 2005). Sin embargo, estudios efectuados a decoraciones de distintas catacumbas han demostrado que, al contrario de lo que se pensaba, dichas pinturas presentan un gran ejercicio de adaptación de la técnica a los agentes ambientales, por lo que la idea inicial de que los *fossores*, las personas encargadas de realizar los pasillos y las cavidades, fuesen sólo canteros astutos queda desestimada y sustituida por la idea de ser personas polifuncionales que debían desarrollar soluciones técnicas y gestionar a todos los operarios del equipo y sus diferentes tareas (De Maria, 2006).

Mientras que la comunidad y la Iglesia aseguraban solo un puesto donde enterrar al difunto, a un precio, en ocasiones, bastante elevado, era la familia la que debía encargarse de la decoración y el avituallamiento del nicho, para lo que recurrían a los *fossores*. Estos hacían de intermediarios entre la familia y el equipo de artesanos; seguramente, seguirían en primera persona el desarrollo de los trabajos encargados llegando, incluso, a ocuparse de la preparación del muro y del enlucido o de la propia decoración del nicho. Por lo tanto, una vez adquirido el nicho por la familia y contactado con el *fossore*, quien piensa la tipología del cubículo, el *pictor parietarius* y el *pictor imaginarius* se encargarían de realizar las decoraciones murales; éstos se verían acompañados, en ocasiones, de otros operarios tales como escultores o marmolistas (De Maria, 2006).

La adaptación de la técnica al alto nivel de humedad del ambiente ocasionó, como se ha mencionado anteriormente, la reducción del número de estratos preparatorios de las decoraciones. De esta manera, sobre el soporte pétreo constituido por toba volcánica se extiende un estrato llamado *debaltio*, consistente en una lechada de cal apagada mezclada con agua que actúa como capa de preparación. Sobre él se extiende, normalmente, un solo estrato de mortero, compuesto por cal aérea y árido puzolánico cuya proporción varía entre 1:2 y 1:3. Solo en ocasiones se identifica un segundo estrato de mortero, empleado para igualar aquellas zonas que, por el propio soporte pétreo, presentan demasiadas irregularidades (Tapete, Fratini, Mazzei, Cantisani & Pecchioni, 2013). Sobre el enlucido todavía fresco se aplican los pigmentos mezclados con cal, dando lugar a un *mezzo fresco*, cuya carbonatación supone un lento proceso (De Maria, 2006).

Al igual que en las anteriores ocasiones, la paleta empleada no difiere en absoluto de la paleta

romana. Tal y como se puede observar de los distintos análisis realizados en el cubículo “Dei Fornai” en las catacumbas de Domitilla en Roma (Bracci, Realini, Sacchi, Bartolozzi, Patrizia, Mazzei & Senserrich Espuñes, 2013; Mazzei, 2013) para los colores rojos se suele emplear óxido de hierro y rojo de plomo; para los amarillos, oxi-hidróxidos de hierro, aunque también se aprecian trazas de plomo; para el azul se emplea azul egipcio, mientras que los verdes están compuestos por tierras verdes, caracterizándose también trazas de cobre (Fig. 32).

La misma situación se repite con el dibujo preparatorio, que sigue los métodos ya empleados en época romana; concretamente se han identificado dibujos preparatorios realizados con la impronta que deja un hilo contra el enlucido fresco y con pinceladas de color de una tonalidad muy clara, estando el pigmento muy diluido (Mazzei, 2005).

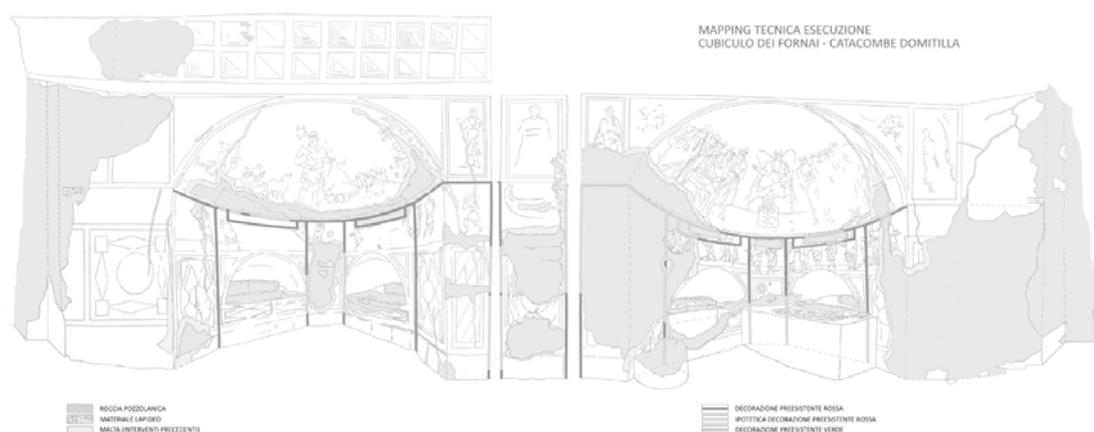


Figura 32: Mapa de la técnica de ejecución de los revestimientos del cubículo “Dei Fornai” (Mazzei, 2013).

Por otro lado, existe otra decoración parietal en ámbito cristiano que no está sometida al ambiente hipogeo de las catacumbas; se trata de los **revestimientos murales de las basílicas**.

Tal y como se ejemplifica en los tres casos que se van a tratar a continuación, estas pinturas repiten los mismos materiales, la misma técnica y los mismos motivos decorativos empleados tanto en época romana como en época tardoantigua en las decoraciones de las villas y las domus. Dado que las condiciones ambientales a las que están expuestas son condiciones normales de temperatura y humedad, no ha sido necesario adaptar la técnica a unas condiciones extremas como en el caso de los revestimientos de las catacumbas; es por ello que se vuelven a identificar varios estratos de mortero constituido por cal y árido. Asimismo, los esquemas compositivos geométricos y las imitaciones de mármol vuelven a estar presentes.

El primer caso a exponer como ejemplo de dicho tipo de pinturas murales son las decoraciones de la basílica paleocristiana de Bare, en Naroná (Lepore, 2002). En dicha basílica se han individualizado nueve grupos pictóricos que corresponden a una decoración parietal y a la decoración de un techo. En cuanto a su esquema decorativo, en el primero de los casos, está compuesto por un festón de color rojo oscuro, motivos arquitectónicos y decoraciones del tipo geométrico y vegetal, siempre ejecutadas sobre fondo blanco; mientras que en

el segundo, está formado por medallones circulares de color amarillo y azul y guirnaldas formadas por hojas que los unen. En ambos casos no se muestra interés por la perspectiva, sino que la profundidad se consigue a través del uso de tonalidades más claras y más oscuras. En cuanto a los aspectos técnicos, las pinturas están ejecutadas al fresco, sobre un soporte compuesto por tres estratos de mortero de cal y árido y empleando, para ello, una paleta bastante simplificada.

El segundo ejemplo corresponde a las decoraciones parietales de la basílica tardoantigua de Aquileia (Salvadori, Tiussi & Villa, 2010), donde se han conservado sobre todo fragmentos pertenecientes al zócalo de las estancias. En estas decoraciones se muestra un gusto especial por los sistemas modulares que se repiten, con el empleo en la mayoría de los casos de casetones, y, nuevamente, por las imitaciones de mármol. Al igual que sucede en las decoraciones residenciales, también aquí se realizan imitaciones a paneles de *opus sectile* (Fig. 33).

Todo lo señalado hasta ahora se vuelve a ejemplificar en las pinturas murales de la basílica paleocristiana de “Es Cap des Port”, en Menorca (Santini, Buxeda I Garrigós, Cau Ontiveros & Gurt I Esparraguera, 2002). En ellas se vuelve a observar los motivos geométricos que forman su esquema decorativo; se identifica, del mismo modo, tres estratos de mortero formado por cal y árido; finalmente, los pigmentos empleados vuelven a corresponder a los que forman la paleta romana, identificándose tierra verde, oxi-hidróxidos de hierro para los ocre, negro de carbón y blanco de cal.



Figura 33: Decoración del aula septentrional de la basílica de Aquileia (Salvadori, Tiussi & Villa, 2010).

2.2.3.- Pintura mural en al-Andalus

Gracias a la revisión bibliográfica efectuada se ha podido notar la importancia que se daba a los zócalos en el esquema decorativo romano. Dicha representación continuó después de la caída del Imperio llegando hasta las decoraciones hispanomusulmanas del siglo X. Este hecho plantea a Torres Balbás la duda de si los zócalos hispanomusulmanes responden a la supervivencia del arte romano o si, por el contrario, son fruto de una influencia importada de oriente (Torres Balbás, 1942).

Tal y como se ha indicado al inicio de esta tesis doctoral, uno de los objetivos que se persiguen es intentar dar respuesta a esa cuestión, para lo que se cuenta con todo el trabajo realizado

previamente por el grupo de investigación (García Bueno, 2000; García Bueno & Medina Flórez, 2002; Medina Flórez, 1992). Esto hace que la revisión bibliográfica aquí efectuada se limite solo a señalar las principales características de estas pinturas murales, sin detallarla en toda su complejidad, ya que esa labor excede de los objetivos de la tesis. Asimismo, dado que con esta revisión se busca facilitar el posterior análisis de la evolución de la técnica de ejecución de los revestimientos, la bibliografía consultada se ha centrado sobre todo en el periodo que se extiende hasta la época califal, ya que de esa fecha data el último caso de estudio de este trabajo.

Por otro lado, visto que no existe relación directa entre los motivos decorativos utilizados en el arte hispanomusulmán y los revestimientos murales procedentes del Conjunto Arqueológico de Cástulo, caso de estudio principal de este trabajo, tampoco se analizan aquí los distintos recursos ornamentales empleados en la pintura mural de al-Andalus, centrandolo solo en las características materiales de los revestimientos. Sin embargo, sí cabe destacar por ser el tema predominante en las decoraciones de esta época el lazo geométrico (Fig. 34) (Gómez Moreno, 1974-1975).

El lazo geométrico presenta unas características bastante definidas y propias de la escuela occidental; esto es, evitar los lazos sin ángulos exactos, tender a una red cuadrada, a la estrella de ocho y al lazo de ocho. En al-Andalus predomina el lazo cuadrangular, creado con una doble cuadrícula donde la segunda corresponde a las diagonales de la primera, obteniendo como centro del patrón una estrella de ocho puntas o estrella de primer cruce. Este patrón se puede hacer más complejo continuando las líneas de la estrella de ocho, formando una estrella más grande o estrella de segundo cruce, y generando un esquema compositivo alrededor de las mismas, manteniendo siempre el canon de proporción fijo (Fernández Puertas, 1997).

Conforme se avanza en el tiempo, los motivos geométricos dibujados por el lazo se van haciendo más complejos incluyendo en la composición, además, otros motivos como decoraciones vegetales e inscripciones (García Granados, 2018; Torres Balbás, 1942). Por ejemplo, a mediados del siglo XII los lazos se entrecruzan y forman polígonos estrellados que se acompañan de palmas y rosetas trazadas a mano (García Bueno & Medina Flórez, 2001); y en época nazarí se superponen varias temáticas, dando distinta importancia a cada una de ellas mediante el grosor de las líneas (Rallo Gruss, 1998).

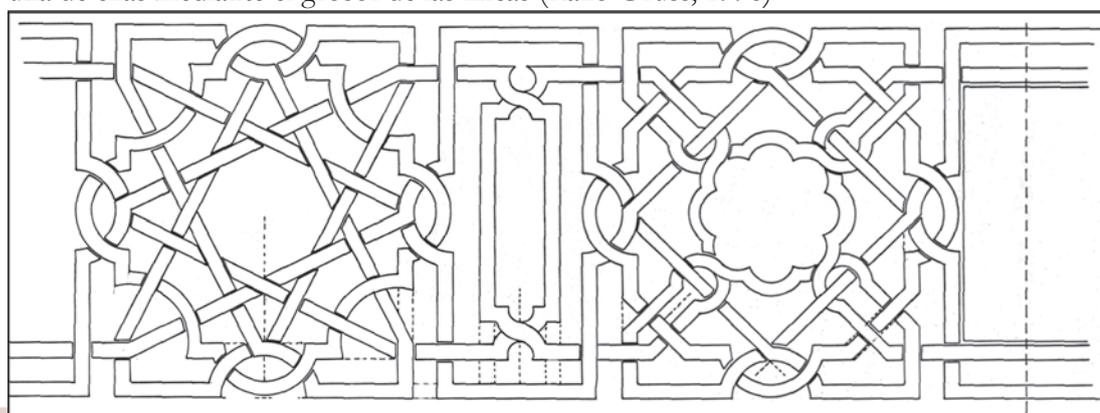


Figura 34: Esquema decorativo del zócalo 1 (Corte 4) del Palacio de Orive en Córdoba (García Bueno & Medina Flórez, 2001).

2.2.3.1.- Técnica de ejecución

Al contrario de lo que sucede con la pintura mural de época tardoantigua, en este periodo sí existen algunos tratados antiguos que recogen las directrices para la ejecución de una pintura mural o las características idóneas que ésta debe presentar; entre ellos destacan las obras de Ibn al-Rami, Ibn al-Iman e Ibn Jadún. Este último, al explicar el procedimiento de preparación de la cal, indica que una vez aplicada ésta sobre el muro era necesario frotar la superficie; Ibn Jadún hace referencia, en este caso, a un procedimiento ya utilizado en época romana, el pulido de la superficie o *politiones*, con el que se obtiene un acabado más brillante y de mejor calidad (Rallo Gruss, 1999). Asimismo, existe un documento más tardío, datado en el 1493, donde se señalan las características técnicas que debe presentar la pintura, indicando los pigmentos que pueden emplearse en la pintura al fresco, citando por ejemplo acofaira (ocre), prieto (negro), almagre y bermellón, y los que, por el contrario, se deben utilizar con una técnica al seco, nombrando en este caso los colores verdes y azules (Rallo Gruss, 2003).

Sin embargo, para poder analizar el origen de la técnica de ejecución de la pintura mural hispanomusulmana no basta sólo con considerar los tratados clásicos, sino que se deben analizar ejemplos de revestimientos cuya cronología esté próxima a los inicios del arte musulmán, de manera que recojan la tradición técnica de la zona geográfica en la que se generan. En este sentido, el estudio por parte del grupo de investigación de las pinturas murales de *Qusayr'Amra* ha proporcionado una amplia información (Fig. 35). Dichas pinturas, datadas en el siglo VIII, decoran una residencia en el desierto donde la corte nómada se instalaba en los primeros años del califato y muestran claras influencias bizantinas. Las distintas escenas figurativas representadas se adaptan a las diferentes estancias presentando una innegable relación iconográfica con el arte helenístico (Almagro, Caballero, Zozaya & Almagro, 2002; García Bueno, 2000).



Figura 35: Detalle de las pinturas murales de *Qusayr' Amra* (García Bueno, 2000).

En cuanto a la técnica de ejecución de estos revestimientos, los análisis han permitido establecer que el número y el espesor de los estratos de mortero varían según la zona, debido a la irregularidad de la superficie del muro a decorar, y que la composición mayoritaria de los mismos es carbonato cálcico empleado como aglomerante y como árido, además se identifica una pequeña proporción de cuarzo y feldespato; asimismo, el mortero presenta la adición de paja, empleada para aumentar la retención de humedad favoreciendo la posterior carbonatación de la superficie. La paleta empleada en estas pinturas está formada por carbonato de calcio y albayalde para el blanco; hematites, minio, bermellón y oropimente o rejalgar para los rojos, ocre y anaranjados; lapislázuli para los azules; tierra verde para los verdes, y negro vegetal y negro de hueso mezclados con oropimente, rejalgar y minio para los colores negros. Finalmente, se identificó goma arábiga como aglutinante, responsable de la fijación de los pigmentos junto con la carbonatación procedente del mortero, viéndose incrementada ésta con la realización de *politiones*. En algunas estratigrafías se detectaron capas internas de color negro que podrían tener su explicación en un posible dibujo preparatorio, no se identificaron líneas de dibujo inciso (Medina Flórez & García Bueno, 2002).

Una vez analizada una referencia técnica propia de oriente, y volviendo nuevamente al territorio de al-Andalus, se puede apreciar que, desafortunadamente, se conservan pocos restos de pintura mural hispanomusulmana anteriores a la época califal. Las casas de etapa emiral que se han documentado presentan tan alto nivel de destrucción y deterioro que resulta sumamente difícil realizar un estudio en profundidad de su decoración parietal (Orihuela, 2007; Rallo Gruss, 2003). Probablemente por esta razón, Torres Balbás considera que los ejemplos más antiguos de pintura mural hispanomusulmana conservados son los procedentes de la Mezquita de Córdoba, *Madīnat al-Zabrā* y *Madīnat Ilbīra* (Torres Balbás, 1942).

Se conservan diversos ejemplos de pinturas murales califales. En rasgos generales, estos revestimientos repiten las técnicas tradicionales: los muros suelen estar fabricados en adobe o tapial, a los que se puede añadir cal y paja; sobre éste se aplican diversos estratos de mortero de cal y árido, también con paja como aditivo; por último, se aplican los pigmentos siguiendo la técnica al fresco. La paleta empleada en esta época es muy reducida, limitándose a almagra y blanco y, en ocasiones, ocre (García Bueno & Medina Flórez, 2002; Rallo Gruss, 2003). Asimismo, cabe señalar la importancia que tiene en este tipo de decoraciones el dibujo preparatorio; en diversos revestimientos conservados ha sido posible identificar el dibujo preparatorio realizado tanto por cordada como inciso, utilizando para ello compás, regla y cartabón (García Bueno & Medina Flórez, 2001; Rallo Gruss, 2003).

De este periodo califal se pueden señalar tres ejemplos bastante significativos: una decoración parietal procedente de *Madīnat Ilbīra*, unos fragmentos pertenecientes a pinturas murales de *Madīnat al-Zabrā* y, finalmente, un zócalo localizado en Arrabales de Poniente.

El primero de los casos, la decoración procedente de *Madīnat Ilbīra*, se puede considerar como los restos más antiguos de pintura mural hispanomusulmana conservados en Granada (García Bueno, 2000; Gómez Moreno, 1986). Presenta una singularidad con respecto a los otros dos revestimientos que aquí se analizan, siendo su aspecto similar a un esgrafiado (Fig. 36), técnica que en Segovia, por ejemplo, se ha mantenido desde época musulmana (Gárate Rojas, 1994).

En los fragmentos estudiados se han documentado hasta tres estratos de mortero; todos ellos están compuestos por cal y una calcita muy pura como árido, además de paja como aditivo. Sobre el mortero se aplicaría, de manera continua, el estrato pictórico de color almagra sobre el que se realizaría el dibujo inciso que marcaría las zonas a eliminar mediante rascado o esgrafiado. En el último estrato se ha detectado cola animal junto con restos de goma arábica. Su uso no resulta claro, encontrando tres posibles explicaciones: en primer lugar, la cola animal podría haber sido añadida al mortero para reforzar la fijación de los pigmentos mediante la carbonatación, ya que estos serían aplicados al fresco, y la goma arábica habría sido añadida para reforzar la fijación de los pigmentos en el momento del esgrafiado; en segundo lugar, sobre el mortero de cal mezclado con cola se habría aplicado la capa pictórica roja aglutinada con goma arábica, la acción posterior de pulir la superficie habría favorecido también la carbonatación de la superficie y la consiguiente fijación de los pigmentos; la última hipótesis planteada, la que se piensa más factible, es que la cola sea resultado de una antigua restauración de los revestimientos, sin formar parte de los materiales constitutivos de los mismos, y que la goma arábica se emplease como aglutinante del pigmento (García Bueno & Medina Flórez, 2002).



Figura 36: Detalle de la decoración procedente de *Madinat Ilbira* (García Bueno, 2000).

En los fragmentos del segundo caso, la pintura mural procedente de *Madinat al-Zabrā*, se han documentado dos estratos de mortero. Al igual que en los revestimientos de *Madinat Ilbira*, también aquí el mortero está constituido por cal, una calcita muy pura como árido, dando como resultado un mortero de color muy blanco, y paja como aditivo. En este caso, el estrato pictórico está formado por una capa color almagra aplicada, seguramente, con agua de cal sobre el mortero casi seco, según muestra el dibujo preparatorio inciso, y dejando las zonas blancas de la composición sin pintar, preservando el blanco del mortero. Tras dicha aplicación se puliría la superficie favoreciendo la migración de los restos de humedad e hidróxido de calcio al exterior y mejorando, de esta manera, la carbonatación. Se debe señalar, sin embargo, que la no identificación de aglutinantes orgánicos no significa una señal inequívoca de su no utilización ya que, como se ha indicado anteriormente, estos sufren un gran deterioro lo que dificulta su posterior identificación y caracterización (García Bueno, 2000).

El último de los ejemplos que se presenta de pintura mural califal corresponde a un zócalo de Arrabales de Poniente (Fig. 37). Al contrario que en los casos anteriores, aquí solo se ha identificado un estrato de mortero cuyo espesor es, en algunos casos, de 2 cm. Sí coincide en composición con el resto de los revestimientos, presentando paja como aditivo y un mortero donde una calcita muy pura actúa como árido mayoritario. La capa pictórica, a su vez, se ha ejecutado con el color almagra aglutinado con un temple de goma arábica, cuya fijación ha

sido reforzada por la carbonatación del mortero; en este caso la superficie no se ha pulido, dejando ver la rugosidad de las pinceladas (García Bueno & Medina Flórez, 2001).



Figura 37: Detalle de la decoración procedente de Arrabales de Poniente (García Bueno, 2000).

Como se ha señalado anteriormente, dado que el último caso de estudio de esta tesis doctoral corresponde a unos revestimientos de época califal procedentes de la excavación de Hospital Reina Sofía en Córdoba, la revisión bibliográfica se ha centrado sobre todo en el período que se extiende hasta dicha época. Sin embargo, se estima conveniente señalar también las características principales de la técnica de ejecución de revestimientos murales de épocas posteriores, concretamente de época almohade y nazarí, referenciando nuevamente, para ello, los trabajos ya realizados por el grupo de investigación.

Como ejemplo de época almohade se han tomado los zócalos hispanomusulmanes procedentes del Palacio de Orive de Córdoba, datados en el siglo XII. Éstos muestran un solo estrato de mortero de un grosor mucho menor a los anteriormente expuestos, que varía entre 1 y 0.5 cm, y un dibujo preparatorio más complejo, efectuado mediante cordada las líneas rectas y mediante compás de puntas las líneas curvas. En cuanto a la capa pictórica se estima que pudo ser ejecutada aglutinando el pigmento, nuevamente almagra, con agua de cal y goma arábiga y, posteriormente, se realizaría el pulido de la superficie (García Bueno & Medina Flórez, 2001). Se deduce, por lo tanto, que si bien no existen cambios significativos a nivel material de estos revestimientos con los señalados de época califal, sí se distingue una evolución en los temas decorativos, siendo los de esta época más complejos y variados, responsables a su vez de la mayor elaboración del dibujo preparatorio (García Bueno, 2000).

Finalmente, en época nazarí, concretamente con el Cuarto Real de Santo Domingo en Granada y con la Alhambra, se aprecia un cambio en el proceso y en la técnica de ejecución, propiciado por la necesidad de adaptar la técnica a una decoración más compleja (García Bueno & Medina Flórez, 1997).

En primer lugar, los esquemas decorativos más detallados impiden su ejecución al fresco, por lo que exigen el uso de un aglutinante para su fijación (Fig. 38); como consecuencia de ello, si bien se siguen empleando morteros de cal debido a su buen comportamiento frente a la humedad, ya no es necesaria la adición de paja para retardar el fraguado. En segundo lugar, para obtener una superficie más cuidada se aplica un enjalbegado de base, al que se le

suele añadir un aglutinante, y se pule, probablemente, la superficie, aunque en este periodo ya no se buscaría con este proceso la migración al exterior de humedad y restos de hidróxido cálcico para fijar mejor la pintura sino, como se ha mencionado, para conseguir una superficie más cuidada sobre la que pintar. Por último, aun cuando el almagra sigue siendo el color predominante en la decoración, se alterna en la decoración con otros colores como azul, rojo, ocre y negro, que contribuyen a ordenar la composición y aportarle una mayor variedad (García Bueno, 2000; García Bueno, Medina Flórez & López Pertíñez, 2003).

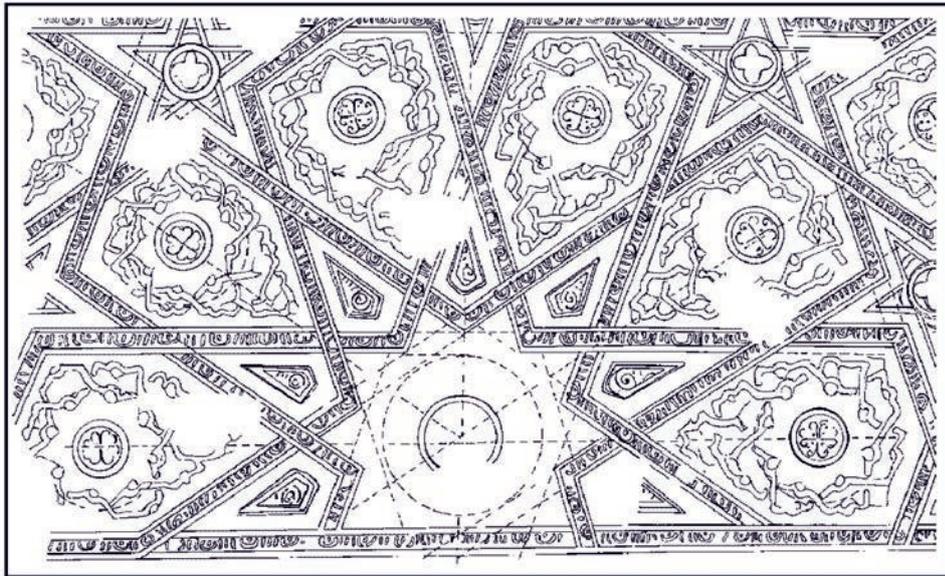
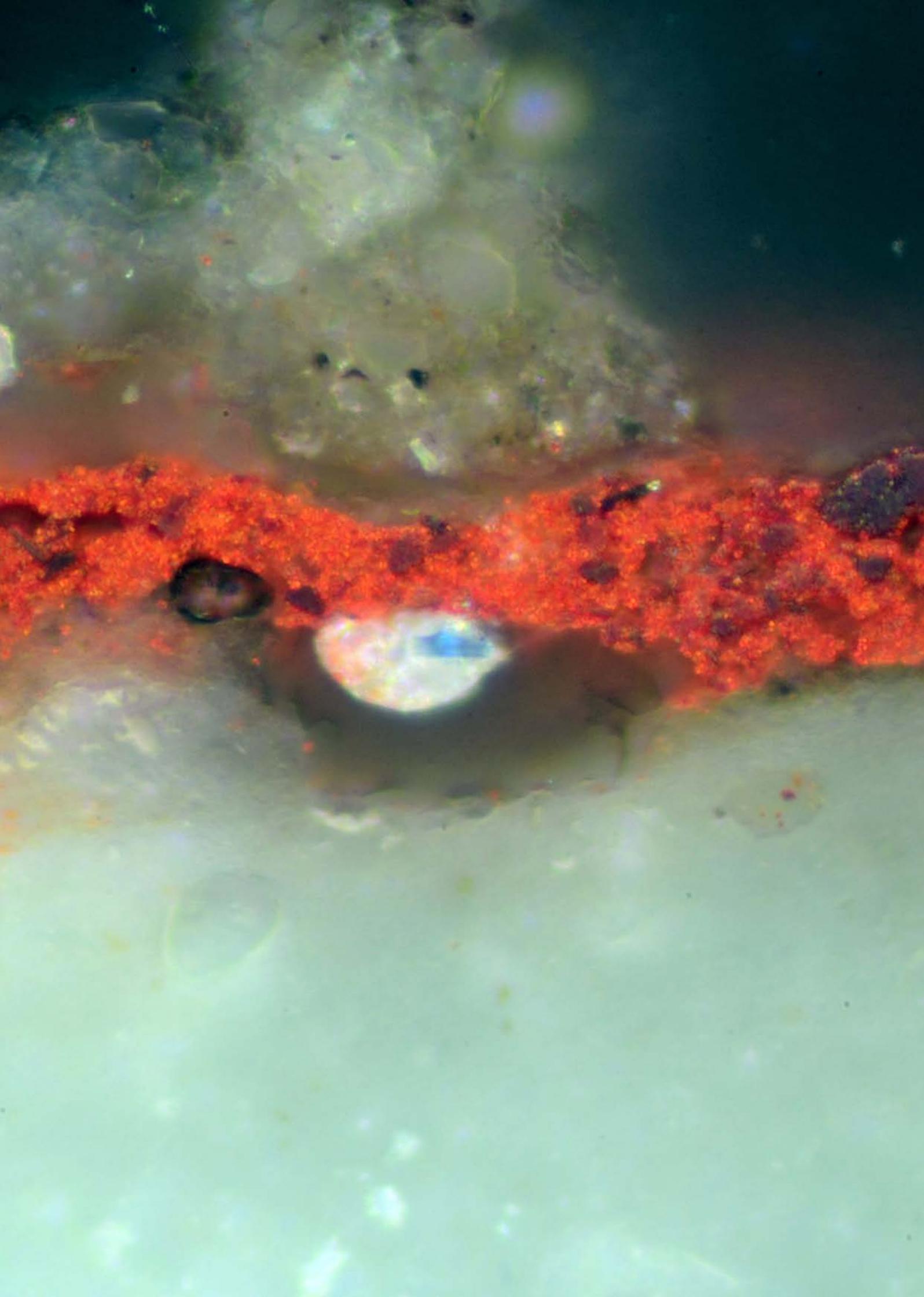


Figura 38: Esquema decorativo de uno de los paramentos del Cuarto Real de Santo Domingo (García Bueno, 2000).





CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE CASOS

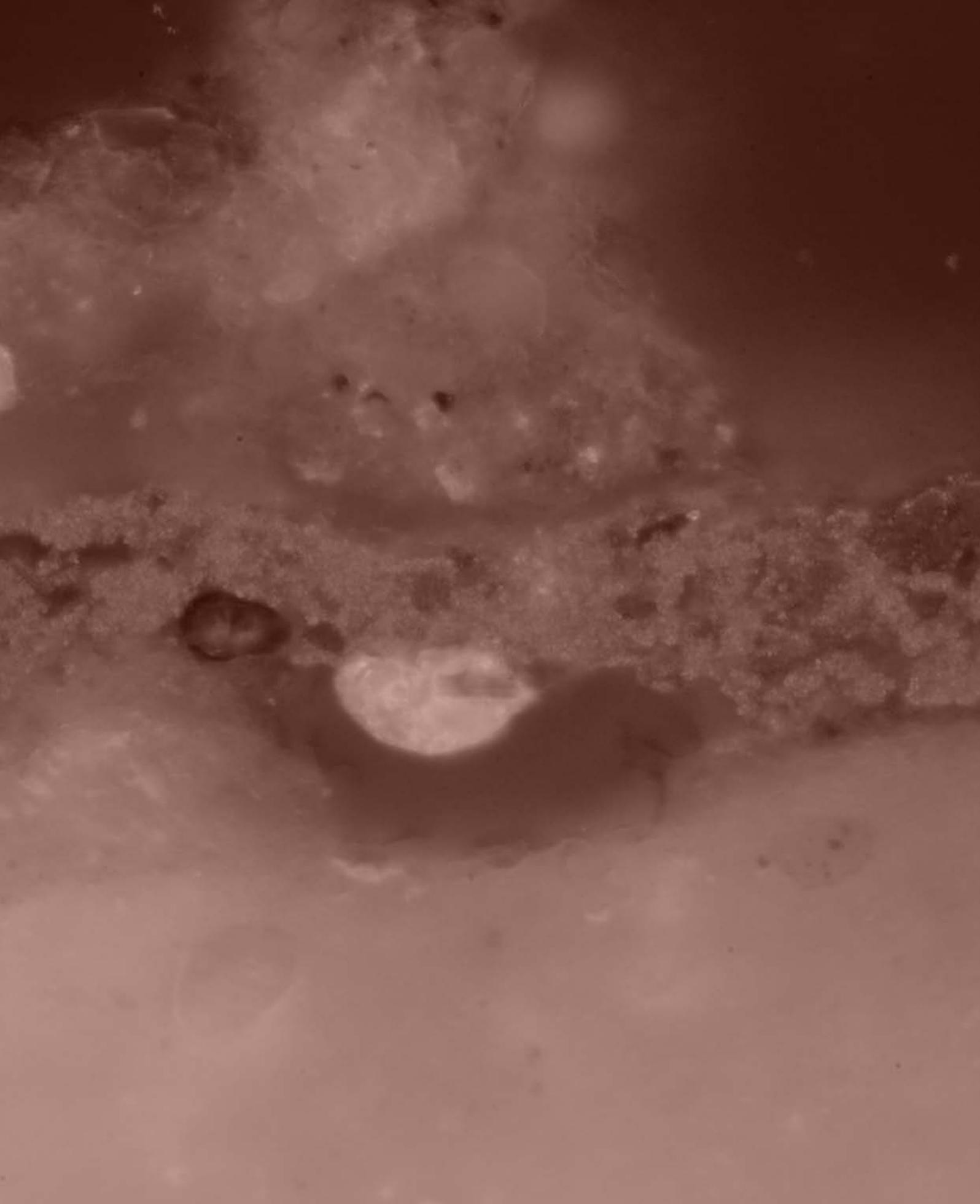


Imagen tomada mediante microscopía óptica de la muestra R38 Rojo preparada en lámina delgada.

ESTUDIO DE CASOS

Este capítulo pretende dar respuesta a uno de los primeros objetivos planteados en esta tesis doctoral, el referente al estudio de la técnica de ejecución de las pinturas murales de *Castulo* y al análisis de la evolución de la técnica de ejecución de la pintura mural antigua a medieval. Es por ello que en él se recoge, por un lado, el análisis tanto estilístico como de materiales de los revestimientos murales de época romana y tardorromana pertenecientes al Conjunto Arqueológico de Cástulo y, por otro, la caracterización de materiales de los revestimientos murales procedentes de la vecina localidad de Córdoba, que favorecerán el posterior estudio sobre la evolución de la técnica. Finalmente, en el último apartado se realiza un análisis comparativo de los mismos.

Dado que el objetivo fundamental de este trabajo de investigación son las pinturas murales de *Castulo*, el estudio que se realiza sobre las mismas es más detallado y se contempla en mayor profundidad. El análisis de la evolución de la técnica no requiere del estudio de los esquemas decorativos de los revestimientos cordobeses, sino solo su caracterización material. Existen publicaciones en las que ya se han identificado los pigmentos empleados en las pinturas procedentes de la excavación romana de Parque Infantil de Tráfico, y dado que las decoraciones en época emiral y califal presentan únicamente blanco y rojo, siendo este último, además, el color predominante en las pinturas castulonenes, se ha estimado oportuno analizar solo muestras de dicha tonalidad. De este modo, al seguir la misma metodología en el análisis de las muestras de los distintos revestimientos será posible establecer semejanzas o diferencias en el uso de materiales de forma más directa.

Con el fin de facilitar la lectura de este capítulo y contribuir a la fluidez de la misma, se presentan junto al texto solo algunos ejemplos de la documentación gráfica y fotográfica realizada, al igual que la redacción de los resultados de los análisis referentes a la caracterización de materiales y al estudio físico-químico de los morteros. La totalidad de los análisis efectuados se presenta en los anexos 1 y 2 que acompañan esta tesis doctoral, donde se puede consultar una documentación gráfica más extensa de los revestimientos, el registro de todas las muestras tomadas y los análisis efectuados a cada una de ellas, los resultados de dichos análisis, así como las curvas de distribución granulométrica correspondientes al estudio de los morteros.

En dichos anexos se han incluido las muestras que resultan relevantes para este estudio. Tal y como se indicó en la metodología, se ha realizado un primer análisis de todas las muestras

mediante microscopio estereoscópico, que ha servido para escoger las más significativas y que pueden aportar mayor información en su análisis mediante técnicas complementarias; éstas son las que se recogen en los anexos. Del mismo modo, sólo se han incluido aquellos espectros de SEM-EDX que aportan información relevante para la identificación de los materiales, pero no la totalidad de los análisis efectuados; incluirlos todos no tiene interés y daría lugar a un anexo demasiado extenso y difícil de manejar.

3.1. PINTURAS MURALES ROMANAS DE CASTVLO

Como se ha señalado en los capítulos anteriores, el primer caso de estudio seleccionado corresponde al revestimiento parietal de la Sala del Mosaico de los Amores. Dicha estancia tiene unas dimensiones aproximadas de 6x12 metros, y forma parte de un edificio público que se cree estaría erigido en honor al emperador Domiciano. De su decoración se conserva *in situ* el mosaico que recubre todo el pavimento de la sala y parte de los revestimientos murales, habiéndose estimado una altura total de los muros de 3.80 m. Las muestras analizadas corresponden, en su mayoría, al derrumbe del muro oeste de la estancia (Fig. 39).



Figura 39: Estado actual de la Sala del Mosaico de los Amores. En la fotografía: muros oeste y norte de la estancia.

3.1.1.- Esquema decorativo

Estas pinturas presentan el esquema tripartito propio de los estilos decorativos romanos, donde el muro está dividido en tres zonas o *partes*, coincidentes con los niveles en los que se posicionaba el andamio (Fig. 40)(Mora, Mora & Philippot, 2003).

El **nivel inferior**, o zócalo, con una altura aproximada de 73 cm, está decorado con una sucesión de cruces gamadas en perspectiva que se entrecruzan, creando una ilusión óptica que dota a la sala de mayor profundidad. Sobre un fondo negro se ejecutan las cruces cuyos tonos, ocre y rojo, se alternan para dotar de mayor ritmo a la composición; un filete blanco contornea las figuras dando mayor profundidad y unidad al conjunto. Este motivo de cruces gamadas se reconoce en otros ejemplos del Imperio, sobre todo en pavimentos, preferentemente mosaicos. Entre ellos se puede citar la decoración de un pavimento con mortero de cal en la Villa de Livia, en Roma (Piranomonte, 2014) o en los mosaicos de la sala del Mitrteo y de la sala II del *balneum* del yacimiento romano de Fuente Álamo, en la provincia de Córdoba (Vargas Vázquez, 2013).



Figura 40: Restitución virtual de algunos de los fragmentos de pintura mural restaurados en el muro oeste de la Sala del Mosaico de los Amores. Renderizado de levantamiento fotogramétrico y modelado 3D (López-Martínez, Calvo-Bartolomé & García-Bueno, 2019).

En algunas zonas del zócalo, donde la capa pictórica está deteriorada o se ha perdido, se observa la presencia de líneas finas y rectas de color rojo; éstas han sido identificadas como posibles trazos del dibujo preparatorio. Si bien los escasos restos registrados no permiten determinar con certeza si se hicieron mediante pincel o cordel impregnado en pigmento rojo, las características del trazo hacen suponer que se siguiera esta última opción (Fig. 41). Las mismas líneas rojas han sido identificadas bajo la policromía de los interpaneles, aunque esta vez cruzándose en forma de zig-zag (Fig. 42). Asimismo, en algunos fragmentos del zócalo, aunque en menor medida, se ha documentado la presencia de unas líneas incisas paralelas y verticales, que distan entre sí aproximadamente unos 6 cm unas de otras, pero que no concuerdan con el esquema decorativo; por el momento, es imposible afirmar si se deben al intento de un tipo de dibujo preparatorio realizado sólo en esa zona o tenía otra finalidad (Fig. 43).

La **zona media** corresponde a la parte más extensa de la composición. Presenta paneles rojos bordeados por un filete doble con una anchura de 1.8 cm en la línea exterior blanca, y de 0.8 cm en la línea interior granate; dichos trazos de encuadramiento presentan cuatro puntos decorando los ángulos, característica que comienza en el III estilo y se extiende al repertorio de la pintura provincial (Fig. 44) (Mostalac Carrillo & Guiral Pelegrín, 1990). Los paneles rojos están separados entre sí por un interpanel de fondo negro, de 26 cm de ancho, decorado con candelabros formados por jarrones metálicos y motivos vegetales, entre los que se ha identificado un rostro humano; desafortunadamente, su estado de conservación no permite reconocer si se trata de algún tipo de divinidad o de alegoría reconocida, no identificándose tampoco el sexo al que corresponde (Figs. 45 y 46). Finalmente, dicho interpanel queda enmarcado, a su vez, por una banda de color verde azulado flanqueada, igualmente, por dos filetes blancos.

Se conservan un considerable número de revestimientos con este tipo de decoración, tanto de candelabros como de filetes de encuadramiento. El primero de los casos se ha identificado en la pintura mural del Castro de Chao Samartín (Gago Muñiz, 2004), en las halladas en el Camino de la Colonia Romana cerca de *Lucentum* (Pérez García & Fernández Díaz, 2005) o en la Villa romana La Quintilla (Ramallo Asensio, Martínez Rodríguez, Fernández Díaz & Ponce García, 2005). En el segundo, se han hallado ejemplos con diversas modificaciones: las pinturas murales de la Casa de los Plintos de Uxama, por ejemplo, presentan un encuadre de triple filete con tres puntos blancos en los ángulos (García Merino, Sánchez Simón & Burón Álvarez, 2004), mientras que los revestimientos parietales de las termas de *Popilio* en *Lucentum* conservan un filete inciso y pintado de negro (Fernández Díaz & Olcina Doménech, 2006).



Figuras 41, 42 y 43: Detalles de dibujos preparatorios del zócalo y de los interpaneles (izquierda y centro) y posible dibujo preparatorio inciso (derecha). Las imágenes generales de las mismas se adjuntan en el anexo 1.



Figura 44: Detalle de la decoración de los puntos en los ángulos de los trazos de encuadramiento.

La **zona superior**, por último, está formada por una cornisa policromada. Los fragmentos recuperados presentan una serie de elementos vegetales en relieve, obtenidos por medio de molde o terraja, mientras que en la base presentan una sucesión lineal de carretes de forma cilíndrica en las que se insertan también cuentas (dos por cada carrete). Con respecto a su policromía, si bien se conserva en pocas zonas y en estado muy pulverulento, se pueden distinguir rojos y amarillos, así como decoraciones realizadas a pincel (Calero Castillo, Medina Flórez, González Muñoz & García Bueno, 2018).

Asimismo, el esquema compositivo se completa con zonas decoradas con imitación a mármol en tonos grises y nacarados que podría ser identificado como un *cipollino* (Borghini, 1991). No ha sido posible deducir su localización dentro de la estancia, dado que todavía no se ha finalizado la restauración completa de todos los restos de revestimientos conservados.

Atendiendo a los aspectos formales descritos y a las particularidades cronológicas expuestas por Abad Casal en cuanto a la decoración de candelabros se refiere (Abad Casal, 1982b), es probable que estos revestimientos puedan situarse a finales del siglo I d.C., en época Flavia. Esta época está caracterizada por el empleo, en los interpaneles, de candelabros que destacan por la soltura y plasticidad con la que se representan los motivos vegetales, en contraposición con la rigidez mostrada en épocas anteriores.



Figura 45: Uno de los interpaneles decorado con candelabros metálicos.



Figura 46: Detalle de la decoración de uno de los interpaneles en los que se aprecian motivos vegetales junto a un rostro.

3.1.2.- Caracterización de materiales

Tal y como se ha indicado en el apartado de metodología, la caracterización de materiales se ha llevado a cabo a través del análisis de muestras mediante diferentes técnicas analíticas (Tabla 3). En el caso concreto de los revestimientos murales de época romana de *Castulo* se han analizado un total de 97 muestras; cada una de las muestras ha sido analizada por distintos métodos.

Tipo de análisis		Nº de muestras
Difracción de rayos X		39
Estudios analíticos de los morteros	Aglomerante /árido	9
	Estudio granulométrico	9
Muestra sin preparar	Microscopio estereoscópico	45
	SEM	17
Probeta pulida	Microscopio estereoscópico	12
	SEM	12
Lámina delgado-pulida	Microscopio óptico	15
	SEM	15
Aglutinantes		8

Tabla 3: Tabla resumen de los diferentes análisis efectuados y número de muestras que se ha estudiado en cada tipo de análisis.

3.1.2.1.- Morteros

Según Álvarez Galindo y Ontiveros Ortega (2006), en el estudio de los morteros históricos resulta primordial realizar un análisis *a visu* que permita conocer los aspectos macroscópicos fundamentales, reconociendo el número de estratos y el sistema de agarre que pudiese existir entre ellos. En las pinturas murales de la Sala del Mosaico de los Amores se han podido reconocer cuatro estratos de mortero cuyas características se indican a continuación, empezando por el estrato más profundo (Fig. 47).

El **primer estrato** presenta un árido muy irregular, cuyo diámetro oscila entre 2 y 19 mm, y paja como aditivo, que serviría para dotar de mayor plasticidad al mortero y retener más agua para retrasar el secado y favorecer la carbonatación (Vitruvio, II, IV, 3). Este estrato sirve de unión entre el revestimiento parietal y el muro, por lo que no se ha conservado en su totalidad ni está presente en todos los fragmentos; estas circunstancias impiden que se pueda estimar su

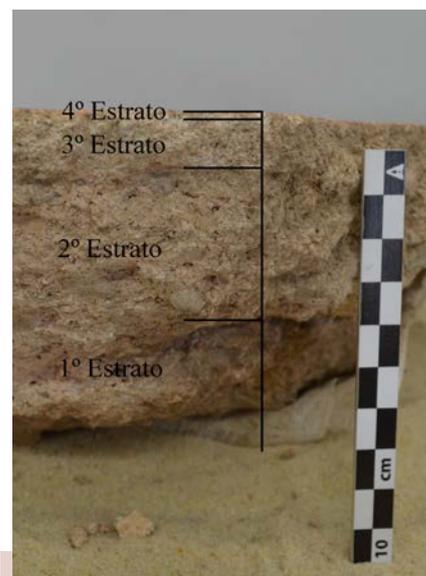


Figura 47: Estratificación del mortero en los revestimientos de época romana de *Castulo*.

grosor total.

El **segundo estrato** difiere poco del primero en cuanto a color y características del árido; también aquí se aprecia la adición de paja. Sin embargo, sí se conserva completo en mucho de los fragmentos estudiados, por lo que ha sido posible identificar su grosor, que oscila entre 4 y 4.5 cm. Asimismo, se aprecia fácilmente en varios fragmentos el sistema de agarre entre este estrato de mortero y el anterior, consistente en resaltes dispuestos en forma de espiga que son el positivo de las incisiones realizadas en el primer mortero, cuando éste todavía se encontraba húmedo (Fig. 48).

El **tercer estrato**, con un grosor de 1.4 cm aproximadamente, presenta una tonalidad más rosada y un árido de menor granulometría que los anteriores. El cambio de tonalidad se debe a la presencia de cerámica machacada; ésta se utilizaba para hacer la función de la puzolana, favoreciendo la retención de agua en el mortero y, por tanto, mejorando la carbonatación. Además, en algunas zonas se aprecia una fina capa de cal que separa este estrato del anterior, que puede atribuirse a la carbonatación del mortero.

Finalmente, la capa de **enlucido o *intonachino*** alberga la decoración pictórica. Presenta un espesor de 1.5 o 2 mm aproximadamente. Se caracteriza por un color mucho más blanco que los estratos anteriores y por una granulometría del árido muy fina.



Figura 48: Sistema de agarre documentado en *Castulo* (izquierda) y sistema de trabazón en espiga indicado por Abad Casal (1982c) (derecha).

Una vez establecidos los distintos estratos de mortero que componen el soporte de las pinturas se ha continuado con la caracterización de sus materiales compositivos para lo que se ha empleado, principalmente, la difracción de rayos X. Para ello, como se ha señalado en la metodología, se han analizado mediante el método de difracción de polvo muestras correspondientes a los diferentes estratos identificados. Dichos análisis han evidenciado un mortero compuesto por calcita y árido de diversa naturaleza, presente en distinta proporción.

En la tabla 4 se puede observar el valor promedio del porcentaje existente de cada tipo de árido, en función del estrato de mortero al que pertenece la muestra, y su desviación

estándar. En ocasiones, ésta es bastante elevada, como ocurre en el caso de las plagioclasas del segundo estrato de mortero. Ello se debe a que el método utilizado es un análisis puntual, mientras que el material a analizar es muy heterogéneo, lo que puede provocar que entre el análisis de una muestra y otra, aun siendo del mismo estrato, haya diferencias considerables. En este caso concreto, por ejemplo, el difractograma de la muestra R63 evidencia un 71.77% de plagioclasas mientras que el de la muestra R64 dicho porcentaje disminuye a 1.24%, perteneciendo ambas al segundo estrato, de lo que se deduce que los porcentajes obtenidos son orientativos.

Además de las plagioclasas mencionadas, se ha identificado cuarzo como árido mayoritario acompañado de dolomita, feldespatos potásico y moscovita; esta última, sin embargo, no está presente en todas las muestras. Como ya se ha señalado en la metodología, las muestras comprendidas entre la R21 y la R45 pertenecen a trabajos de investigación anteriores; en ninguno de los difractogramas pertenecientes a dichas muestras se identificó moscovita. Por el contrario, en la totalidad de las muestras que se tomaron nuevas se registró la presencia de dicho árido. Es por ello que se estimó oportuno realizar una tercera toma de muestra de los distintos estratos de mortero; en este caso, se identificó moscovita en la mayoría de los casos, pero en otros no, respondiendo, nuevamente, al carácter puntual del análisis y a la heterogeneidad del material.

Estrato de mortero		Calcita	Cuarzo	Dolomita	Feldespatos potásico	Plagioclasas	Moscovita
2º Str	Promedio	20.71%	22.74%	19.19%	18.86%	11.48%	6.66%
	DS	10.35	10.31	9.28	12.17	20.50	1.80
3º Str	Promedio	19.13%	28.83%	9.30%	19.23%	17.69%	5.79%
	DS	11.53	15.17	8.18	13.90	23.08	5.66
4º Str	Promedio	47.08%	17.06%	3.03%	21.12%	7.65%	4.06%
	DS	15.94	8.88	2.67	10.41	7.39	8.00

Tabla 4: Valores promedio y desviación estándar de los porcentajes de cada tipo de fase cristalina obtenidos en los análisis realizados por difracción de rayos X y ordenados según el estrato de mortero al que pertenece la muestra.

El árido contribuye a disminuir la retracción del mortero durante el secado, además de influir en las características finales del mismo (Rodríguez Gordillo, 2005), por lo que no sólo su caracterización material resulta importante, sino también la proporción que mantiene en referencia al aglomerante y la distribución granulométrica del mismo. Según indica Vitruvio en sus escritos, el porcentaje de árido presente en cada estrato de mortero debía disminuir conforme el estrato se acercara a la superficie, al igual que la granulometría del mismo. La relación aglomerante/árido en las pinturas murales romanas de *Castulo* se ha establecido mediante dos métodos distintos:

En primer lugar, se ha analizado el porcentaje de calcita que muestran los distintos difractogramas. En ellos, el cuarto estrato de mortero, el más superficial, es el que presenta una mayor proporción de calcita, con un promedio de 47%; por lo tanto, se puede decir que en este caso los revestimientos cumplen las recomendaciones que indica Vitruvio. Sin embargo, dichas recomendaciones no se cumplen entre los otros dos estratos, identificándose en el

segundo una mayor proporción de calcita en comparación con las muestras procedentes del tercero.

En segundo lugar, se ha determinado la relación mediante el método gravimétrico de precipitación química tras el ataque de la muestra con ácido clorhídrico. Para ello, como ya se ha mencionado en la metodología, se han tomado tres muestras de cada uno de los estratos identificados y los resultados obtenidos se han comparado con los de unos morteros realizados con árido de sílice y cal en proporciones conocidas (Tabla 5).

MRAA2 (1,2,3)	Muestra procedente del segundo estrato de mortero
MRAA3 (1,2,3)	Muestra procedente del tercer estrato de mortero
MRAA4 (1,2,3)	Muestra procedente del cuarto estrato de mortero
P1:3 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:3
P1:2 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:2
P1:1 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:1

Tabla 5: Muestras empleadas en el ensayo de precipitación tras ataque con ácido.

En este caso, se nota un aumento del porcentaje del carbonato cálcico en el cuarto estrato con respecto al del tercero; mientras que en el primero de los casos está cercano al 60%, en el segundo oscila entre 30 y 35%. La tendencia recomendada por Vitruvio se vuelve a incumplir nuevamente en el segundo estrato de mortero, donde el porcentaje de carbonato cálcico registrado asciende al 75% aprox. (Fig.49).

Durante la realización del ensayo se observó que en las muestras correspondientes al segundo estrato había granos de árido grueso que al ser atacados con el ácido presentaban efervescencia hasta su completa disolución, demostrando de esta manera su naturaleza carbonática. Tanto en el análisis con difracción de rayos X como en el ensayo con el ataque ácido no es posible hacer distinción alguna entre el carbonato cálcico perteneciente a la matriz del mortero, esto es, al aglomerante, o al carbonato cálcico que está presente como árido. Por ello, y por la observación realizada durante la ejecución del ensayo, resulta posible indicar que parte del porcentaje de CaCO_3 registrado en el segundo estrato de mortero, tanto en el caso de los difractogramas como en el caso de los porcentajes obtenidos en el ensayo, corresponderían al árido en lugar de al aglomerante, por lo que el porcentaje de aglomerante sería menor que en el tercer estrato, cumpliendo de esta manera las recomendaciones indicadas en los textos clásicos.

Para analizar la distribución del árido se ha realizado un análisis granulométrico en el que se han vuelto a comparar tres muestras de cada uno de los estratos (Tabla 6). Gracias a él se ha comprobado que la granulometría del árido va disminuyendo conforme se acerca a la superficie. En este sentido, las muestras del segundo estrato presentan un mayor porcentaje de árido cuyo diámetro es mayor de 2.5 mm, 55% aprox., seguido de casi el 20% de árido cuyo grano está comprendido entre 0.25 y 0.8 mm. Por el contrario, solo una de las muestras del tercer estrato presenta árido de granulometría superior a 2.5 mm, en un porcentaje menor al 10% del peso de la muestra, mientras que la mayoría del árido vuelve a estar comprendido entre 0.25 y 0.8 mm de diámetro. Finalmente, la mayoría del árido que constituyen las muestras pertenecientes al último estrato de mortero tienen una dimensión menor a 0.8 mm (Fig. 50).

Por último, los distintos ensayos se ven completados y corroborados con el estudio realizado a las muestras con policromía mediante microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido con análisis elemental. En el primero de los casos, el análisis mediante microscopio petrográfico ha permitido identificar que el árido es bastante irregular, en general redondeado, que correspondería a una arena de río, aunque también existe una cierta proporción de árido que presenta aristas, que procedería de cantera. En el segundo de los casos, se ha corroborado los resultados compositivos obtenidos con la difracción de rayos X, identificando Ca en la matriz, así como Si, Al, K, Na y Ca como elementos característicos en los áridos.

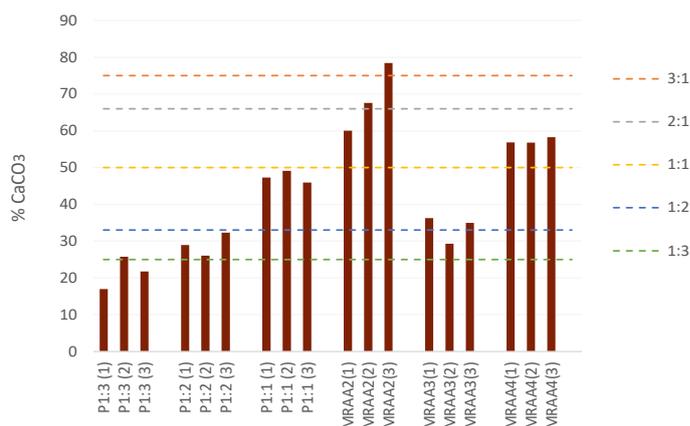


Figura 49: Representación gráfica de los resultados del ensayo de identificación de la relación aglomerante-árido correspondiente a las muestras de los morteros realizados con una proporción aglomerante-árido conocida y a las muestras de los tres estratos de mortero de los revestimientos romanos de *Castulo*.

MR2 (1,2,3)	Muestra procedente del segundo estrato de mortero
MR3 (1,2,3)	Muestra procedente del tercer estrato de mortero
MR4 (1,2,3)	Muestra procedente del cuarto estrato de mortero

Tabla 6: Muestras empleadas en el estudio de distribución granulométrica.

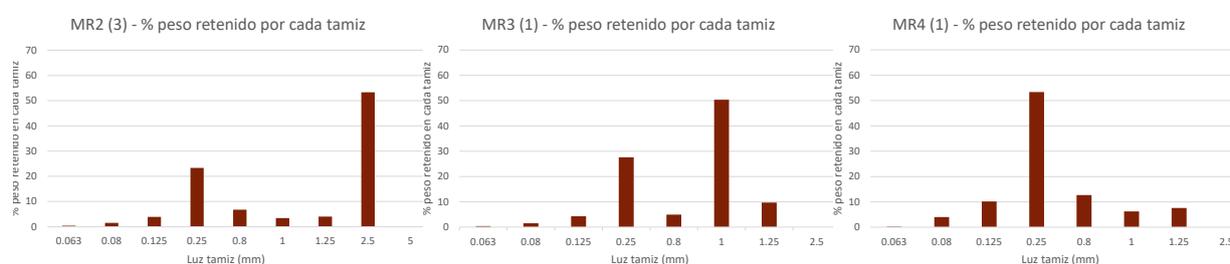


Figura 50: Estudio granulométrico. Porcentaje del árido retenido en cada tamiz correspondiente a una muestra de cada estrato de mortero (segundo, tercero y cuarto respectivamente).

3.1.2.2.- Pigmentos

Los diversos análisis efectuados han permitido identificar la paleta empleada. Las muestras tomadas y analizadas se han dividido en varios grupos por su gama cromática: rojos, ocre, azules, verdes, blancos y negros y pardos. Se ha caracterizado un total de 10 pigmentos.

Rojos

Como se puede ver en el esquema compositivo, este color es el predominante en la decoración pictórica. Se han caracterizado dos pigmentos de esta tonalidad: hematites y rojo de plomo.

El primero de ellos, el utilizado mayoritariamente, está compuesto por **óxido de hierro rojo**, Fe_2O_3 ; se trata de un pigmento muy común en la naturaleza usado desde la Antigüedad. En la pintura mural romana se han caracterizado hasta tres tipos de hematites en función de su cristalización: la primera de ellas, un óxido de hierro rojo bien cristalizado, puede adquirir diversas tonalidades como rojo sangre, ocre o marrón, y corresponde al pigmento llamado *Sinopis* por Plinio (XXXV, 13). El segundo tipo de hematites está asociado con cuarzo, plagioclasas, feldespatos potásicos, illita y caolinita; corresponde al *Rubricae* descrito por Plinio (XXXV, 15). Finalmente, el tercer tipo de hematites es el obtenido por deshidratación de la goethita al superar los 850-900°C de temperatura (Bearat & Pradell, 1997).

En el caso concreto de estas pinturas murales, debido a las concreciones de tierra que muestran y a la naturaleza del árido constituyente del mortero, resulta difícil asegurar si el pigmento empleado corresponde al primer tipo de hematites mencionado o al segundo. Por el contrario, sí se puede afirmar que se encuentra, en ocasiones, mezclado con pigmento negro de hueso y negro de carbón, seguramente para oscurecer su tono (Fig. 51).

El otro pigmento rojo empleado corresponde al minio o **rojo de plomo**, cuya composición química es Pb_3O_4 . Es importante señalar, nuevamente, que el pigmento que hoy recibe el nombre de minio no coincide con el *Minium* romano; este último es el actual rojo cinabrio, mientras que al óxido de plomo Plinio lo denomina *Minium secundarium* (Abad Casal, 1982d). Se presenta, comúnmente, como un polvo de color rojo brillante o naranja, en pequeñas cantidades, que se forma como depósito del mineral de plomo. Fue uno de los primeros pigmentos en fabricarse (Eastaugh, Walsh, Chaplin & Siddall, 2008).

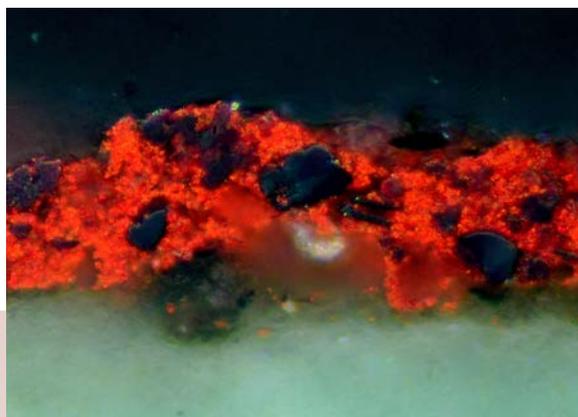


Figura 51: Imagen tomada mediante microscopía óptica de la muestra R38 Rojo, en la que se observan los granos de pigmento negro mezclados en la capa pictórica de color rojo.

Mientras que la hematites ha sido empleada para la ejecución tanto de los paneles rojos como de los motivos geométricos del zócalo, donde se superpone al estrato de color negro del fondo, el minio sólo se ha empleado en los amplios paneles de la zona media. En los estudios realizados mediante el microscopio estereoscópico de muestras pertenecientes a esta zona se han podido identificar dos estratos de rojos, aunque éstos no son discernibles en las muestras ya preparadas ni en láminas delgadas ni en probetas pulidas (Fig. 52). Los análisis elementales realizados con SEM-EDX han evidenciado que el estrato superior es el que contiene mayor cantidad de Pb; resultados que han sido corroborados también con un mapa de distribución de elementos efectuado mediante el microscopio electrónico de barrido de alta resolución, donde el Pb aparece superpuesto al Fe (Fig.53). Si bien resulta extraño que con la muestra sin preparar puedan distinguirse los dos estratos mientras que en la lámina delgada no, es una circunstancia que se ha registrado en diversas muestras. La explicación de ese uso del pigmento no queda todavía clara, planteándose la hipótesis de que sobre un estrato de hematites se hubiera aplicado un estrato más fino de minio, mezclado o no con hematites, y aplicado con agua de cal o sólo, tras el cual se realizaría el spatulado de la superficie; de este modo, el tono rojo obtenido sería más intenso.



Figura 52: Muestra R7 Rojo. Imagen tomada mediante microscopía estereoscópica en la que se aprecian dos estratos de rojo (Izquierda). Imagen de la probeta pulida en la que sólo se aprecia un estrato en la capa pictórica (Derecha).

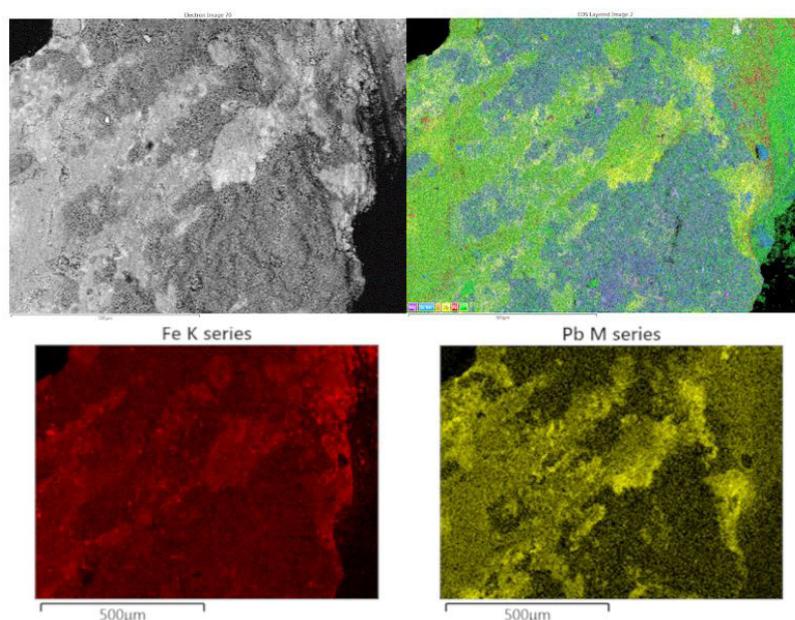


Figura 53: Mapa de distribución de elementos en los que se aprecia cómo el Pb está en una capa superpuesta al Fe.

Ocres

En este apartado se recogen todas las tonalidades de ocres, amarillos y naranjas, debido a su similar apariencia y composición química. Estos colores se encuentran principalmente en la decoración geométrica del zócalo, aunque también aparecen en las decoraciones de candelabros metálicos y en las carnaciones de la cara que ornamentan los interpaneles.

Se trata de tierras naturales, con diferentes proporciones de **oxi-hidróxidos de hierro**, caracterizados por la presencia de Si, Al y Fe. Con un aspecto terroso, el ocre amarillo está compuesto por silicatos de aluminio y oxi-hidróxidos de hierro, responsables de la coloración. Uno de los minerales que mayor proporción de ocre ofrecen es la limonita que, al igual que la hematites, se produce en una zona de meteorización (Arjonilla Alvarez, 1992). Asimismo, del mismo modo que el ocre rojo está compuesto por hematites, el ocre amarillo está compuesto, también, por goethita (Eastaugh, Walsh, Chaplin & Siddall, 2008).

La mayoría de las muestras analizadas de esta tonalidad corresponden a la decoración de la cruz gamada del zócalo. En esos casos, el amarillo se presenta como un estrato continuo de un tono brillante y luminoso sobre otro de color negro. En ocasiones, como en la muestra R28 Ocre bajo el estrato inferior negro se distingue el estrato rojo correspondiente al fondo de los interpaneles.

En las muestras procedentes de la decoración de los candelabros metálicos se diferencian dos circunstancias en la estratificación. Por un lado, la muestra R1 Naranja presenta sobre fondo negro un estrato amarillo y, sobre él, otro naranja, ambos con tonalidad brillante y luminosa. Por otro lado, en la muestra R15 Naranja se repite la circunstancia anteriormente descrita en los paneles rojos, ya que al analizar la muestra sin preparar mediante microscopía estereoscópica es posible distinguir dos estratos de color ocre, siendo uno ligeramente más oscuro que el otro, sobre un fondo negro, mientras que al analizar la muestra preparada en una probeta pulida sólo es posible reconocer un estrato de ocre sobre fondo negro (Fig. 54); el estado de conservación de las pinturas puede haber hecho que en el proceso de preparación de la muestra este último estrato se haya perdido.



Figura 54: Muestra R15 Naranja. Imagen tomada mediante microscopía estereoscópica en la que se distinguen dos estratos de amarillo sobre fondo negro (Izquierda). Imagen de la muestra preparada como probeta pulida en la que solo se aprecia un estrato de color amarillo sobre fondo negro (Derecha).

Finalmente, en la muestra procedente de la carnación del rostro que decora otro de los interpaneles, la R19 Naranja, se vuelve repetir la misma composición: un estrato naranja, de un tono más suave al de la muestra R1 Naranja, sobre una base de negro.

En ninguna de estas muestras se ha identificado azufre ni arsénico por lo que se descarta el uso de oropimente, de modo que se puede afirmar que el único pigmento empleado en todos los casos ha sido una tierra rica en limonita y goethita.

Azules

El color azul está presente en los pétalos de flor que decoran uno de los interpaneles. Las cuatro muestras analizadas de esta zona presentan todas las mismas características y estratigrafía: sobre el fondo negro se extiende un estrato de color azul en el que se ha identificado Ca, Cu y Si, elementos característicos del pigmento azul egipcio, y, en ocasiones, algunas inclusiones de Fe o tierras.

Como ya se mencionó en el capítulo 2, el **azul egipcio** es el pigmento artificial más antiguo, después del negro carbón, y el azul más usado desde las primeras dinastías de Egipto hasta el final de la época romana. Se obtenía al tratar la sílice a altas temperaturas junto con una sal de cobre y una sal de calcio empleada como fundente; con esta mezcla se hacían bolas que se exponían al fuego (Barbet, 1987). Además de por su composición elemental, el azul egipcio se caracteriza por su intensa tonalidad y por tener un grano de pigmento relativamente largo, que se fractura de manera irregular y angulosa (Fig. 55) (Riederer, 1997). Asimismo, produce una intensa luminiscencia en el infrarrojo, inducida por una radiación electromagnética en el visible, fenómeno que recibe el nombre de fotoluminiscencia (Aramini, Sidoti & Santopadre, 2013).

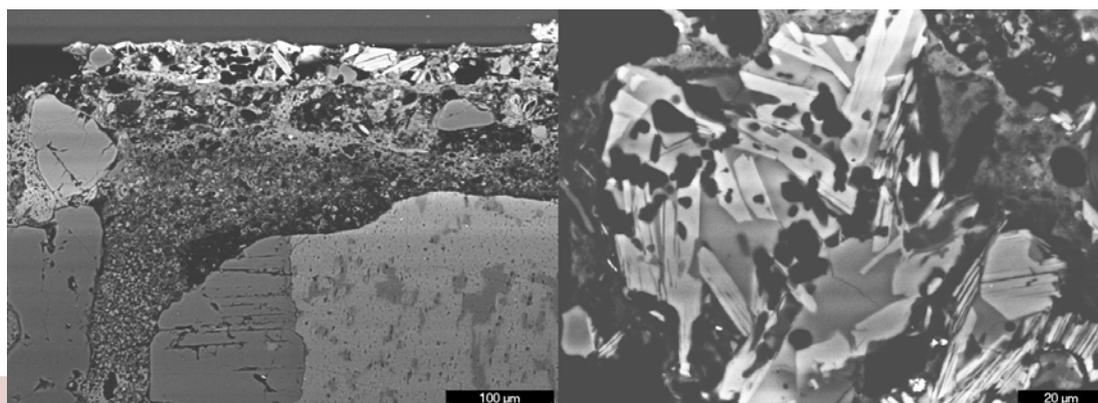


Figura 55: Capa pictórica de la muestra R4 Azul vista mediante SEM (Izquierda). Detalle de un grano de pigmento de azul egipcio de la muestra R18 Verde vista mediante SEM (Derecha).

Verdes

La mezcla de azul egipcio con tierras verdes resulta una práctica común en el mundo romano, pues de esta forma conseguían distintas tonalidades de verde, además de colores más brillantes (Bearat & Pradell, 1997; Pérez-Rodríguez, Jiménez de Haro, Siguenza & Martínez-Blanes, 2015). Las tierras verdes están compuestas, principalmente, por dos minerales arcillosos, celadonita y glauconita. La primera de ellas se encuentra en pequeñas cavidades o fracturas en rocas volcánicas, y se presenta como una sustancia relativamente pura; por el contrario, la glauconita presenta una pureza menor, aunque su distribución es más amplia (Grissom, 1986).

Es posible clasificar los verdes de estas pinturas en dos grandes grupos: por un lado, las bandas verdes que enmarcan los interpaneles de la zona media, de un tono más azulado; por otro, la decoración vegetal de los interpaneles, con un tono más cálido.

Dentro del primer grupo se enmarcan las muestras R2 Verde, R11 Verde-rojo, R18 Verde, R22 Verde y R41 Verde. En todas ellas, sobre un fondo rojo se extiende el estrato de color verde, formado por una mezcla de **azul egipcio** y **tierras verdes**.

Por el contrario, el segundo grupo está compuesto por las muestras R5 Verde, R6 Verde, R17 Verde, R34 Verde y R35 verde. Todas ellas presentan sobre fondo negro un estrato verde formado por tierra verde y azul egipcio, pero en este caso la proporción de tierras verdes es mucho mayor que en el caso anterior, responsable de la tonalidad más amarillenta. Entre las muestras mencionadas cabe destacar la R17 y la R34, por presentar ligeras peculiaridades: en la primera, el tono verde es más claro y más amarillento, no habiéndose identificado Cu en esta muestra, elemento característico del azul egipcio; en la segunda, sobre el estrato negro se observa un estrato de azul egipcio bastante continuo, sobre el que se extiende una capa de tierra verde, continua pero de menor espesor. De nuevo se comprueba la cuidada aplicación de los materiales que se hace para optimizar los resultados con una cierta economía de medios.

Blancos

Las muestras tomadas de este color corresponden a dos localizaciones distintas: los filetes blancos que delimitan las bandas verdes de los interpaneles y los filetes blancos que delimitan el zócalo.

Las muestras procedentes de la primera localización (R9 y R14) han sido analizadas mediante SEM-EDX de dos modos distintos. Al analizar la muestra sin preparar y sin metalizar, se ha identificado en el estrato pictórico Ca y Pb, además de Fe y tierras; sin embargo, al estudiar dichas muestras preparadas en probetas pulidas sólo se ha identificado Ca y Si en el estrato de color blanco. Al analizar la muestra sin preparar, se estudia la superficie pictórica que queda hacia arriba, por lo que el espectro puede mostrar elementos tanto del estrato más superficial de policromía como de estratos inferiores; por el contrario, al analizar la muestra preparada en probeta pulida o en lámina delgada, dicha posibilidad no existe, ya que la muestra se posiciona de perfil. Por lo tanto, en el caso de las muestras procedentes de los

filetes que enmarcan las bandas verdes el plomo identificado puede corresponder al estrato rojo de los paneles, y por tanto el blanco empleado sería un blanco de cal.

La muestra que pertenece a los filetes que delimitan el zócalo (R25) ha sido analizada habiéndola preparado previamente en forma de lámina delgada. En este caso, en el estrato pictórico de color blanco sí se ha identificado Pb y Ca; en cuyo caso el plomo identificado sí corresponde al pigmento blanco utilizado.

De esta manera, se puede afirmar que los pigmentos empleados para el color blanco han sido el **blanco de cal** y el **blanco de plomo**. El blanco de cal podría deberse al uso de cal (García Bueno, Androher Auroux, López Pertúñez & Medina Flórez, 2000) o al empleo de *Cretae*, CaCO_3 , obtenido de sustancias naturales formadas por restos fósiles calcáreos (Plinio, XXXV, 6, 37). Para el blanco de plomo se habría empleado *Cerussa*, del que existe una variante natural y otra artificial más común. Para la obtención de esta última, Plinio menciona que se debe introducir plomo en un vaso lleno de vinagre y taponarlo, sellándolo herméticamente (Vitruvio, VIII).

Negros y pardos

En este apartado se agrupan, al igual que en el apartado de los ocre, por semejanza compositiva y de tonalidad, las muestras de color negro, pardo y las procedentes de las decoraciones de imitación a mármol.

En el primero de los casos, las muestras de color negro proceden tanto de la decoración del zócalo como del fondo de los interpaneles. En todas ellas, el color se extiende directamente sobre el mortero en un estrato sutil. En los análisis de SEM-EDX efectuados se ha identificado P, elemento característico del **negro de hueso**; asimismo, se han identificado Mg, Al, Si, Ca y K, elementos característicos de tierras, con las que se mezclarían los pigmentos negros para tomar una mayor consistencia. Igualmente, se ha identificado **negro de humo o carbón**.

Las muestras de color pardo, correspondiente a la decoración del zócalo, constan también de un solo estrato de ese color extendido directamente sobre el mortero. En los análisis se han identificado exclusivamente tierras.

Por último, las muestras procedentes de las imitaciones de mármol repiten la misma estratigrafía que las anteriores, habiéndose identificado como pigmentos una mezcla de negro de hueso, negro de humo/carbón y tierras. Sin embargo, se diferencian en el resto por el aspecto de su superficie, más rugosa, donde los granos de pigmento y de calcita se distinguen mucho mejor. Asimismo, el análisis por SEM ha permitido caracterizar una morfología de la capa pictórica donde los granos de pigmento de negro de hueso parecen estar recubiertos por el negro de humo (muestras R12, R13 y R20 en el anexo 2) (Fig. 56).

El negro de hueso, cuya composición es $\text{C}_3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, se obtiene al quemar marfil, cuernos o huesos en un crisol (Harley, 1970); por el contrario, el negro de humo procede de la calcinación de resina o aceites (Arjonilla Alvarez, 1992). Este último presenta una granulometría mucho más fina que el anterior, por lo que en ocasiones, tal y como se aprecia en la muestra R13

mármol, se deposita sobre los granos de otros pigmentos, cubriendo la superficie de los mismos y dando como resultado una superficie más suavizada.

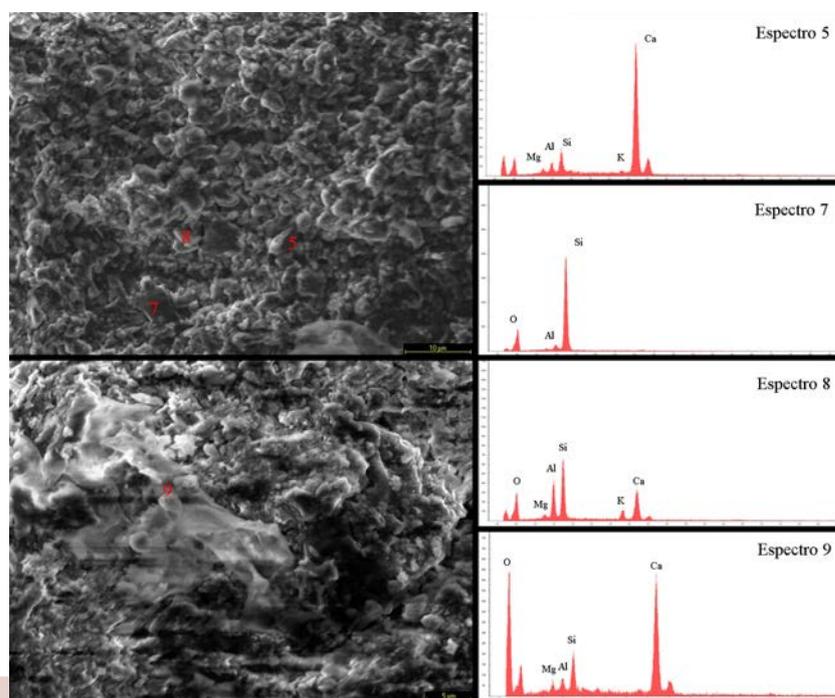


Figura 56: Espectros de la muestra R13 Mármol donde se aprecia el aspecto que presenta la capa pictórica cuando el negro de humo envuelve el resto de pigmentos.

3.1.2.3.- Aglutinantes

La identificación de los posibles aglutinantes presentes en las muestras se ha realizado a través de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier y cromatografía en fase gaseosa acoplada a espectrometría de masas¹⁸.

De manera general, los análisis efectuados no han detectado aglutinantes orgánicos así como nitratos ni oxalatos que indiquen la presencia de materia orgánica. Sin embargo, en alguna de las muestras se han identificado restos de ácidos grasos, en concreto palmítico y esteárico. La presencia de estos ácidos grasos puede relacionarse con la utilización de huevo o de aceites saponificados (Garófano, 2011; Masschelein-Kleiner, 1992).

El aspecto poroso y sin pulir que presentan algunos estratos, así como su superposición a otros estratos cuya carbonatación es más difícil, induce a pensar que éstos se reforzaran con una técnica al seco para su aplicación. Ésta podría haberse realizado aglutinando los pigmentos con huevo, o bien, fijando los pigmentos con cal, añadiendo a ésta un aceite para su saponificación. Debido a la naturaleza orgánica de las sustancias analizadas y su alto nivel de degradación no ha sido posible identificar todos los componentes característicos de un

¹⁸ Los análisis han sido realizados por el Dr. Parra Crego en el laboratorio Larco Química y Arte.

aglutinante en concreto, por lo que sólo es posible establecer una hipótesis de los posibles aglutinantes empleados.

La identificación del huevo no puede considerarse concluyente debido a la ausencia de otros compuestos como son los aminoácidos característicos del mismo, así como el uso del aceite tampoco se puede corroborar dado que la relación identificada entre los ácidos palmítico y esteárico no coincide con ningún aceite conocido. Sin embargo, la ausencia de aminoácidos y la diferente relación entre los ácidos podría explicarse por las extremas condiciones en que se han conservado estas pinturas durante siglos, que han podido provocar la degradación de estos compuestos.

Ambas hipótesis están avaladas por estudios de pintura mural romana: en el primero de los casos, en los revestimientos murales de *Bilbilis* en Zaragoza, en los que se identificó huevo como aglutinante (Guiral Pelegrín & Martín-Bueno, 1996); en el segundo de los casos, en las pinturas murales de La Quintilla, donde se fijó los pigmentos con agua de cal (García Sandoval, Plaza Santiago & Fernández Díaz, 2004).

Asimismo, se ha identificado la presencia de compuestos bencénicos y fenólicos, que corresponderían al Paraloid empleado en el engasado de los fragmentos de pintura para su extracción. Además, también se han identificado metabolitos (láctico y oxálico), glicerina, fosfato, glucosa y manosa (y posiblemente galactosa) debidos, seguramente, a una contaminación biológica en el pasado, que no se observa actualmente.

3.1.3.- Discusión de resultados

Tras el análisis de los revestimientos tanto estilístico como técnico y material se puede observar, por un lado, que las pinturas se encuadran dentro de los esquemas decorativos propios de la pintura provincial que se desarrolla a finales del siglo I d.C. y a lo largo del siglo II d.C. en *Hispania*, pudiéndose datar por sus características estilísticas a finales del siglo I d.C.; por otro, que cumplen a la perfección lo indicado en los textos clásicos que describen la pintura mural de la Antigüedad (Abad Casal, 1982b; Mostalac Carrillo & Guiral Pelegrín, 1990).

En este sentido, Vitruvio señala que la pintura mural romana presenta una estratificación de morteros que va disminuyendo de grosor y granulometría conforme se acerca a la superficie. En el caso de los revestimientos de la Sala del Mosaico de los Amores, se cumple esta estratificación, distinguiéndose cuatro capas de mortero cuyo grosor disminuye de manera gradual en los últimos estratos; del mismo modo, los análisis y ensayos efectuados han corroborado que la granulometría del árido, así como su proporción en referencia al aglomerante, también se hace menor en las capas más superficiales. La composición tanto del mortero como del árido repiten lo identificado en muchos otros ejemplos de pintura mural de la misma época.

En cuanto a los pigmentos se refiere, los aquí empleados son, en su mayoría, los que

Vitruvio y Plinio señalan en sus textos. De este modo, el rojo empleado sería *Rubricae* o *Sinopis*, obtenidos ambos a partir de hematites, y *Minium secundarium* (óxido de plomo); el amarillo utilizado sería *Ochrae*, compuesto por oxi-hidróxidos de hierro; para el blanco, los pigmentos elegidos habrían sido *Cretae*, carbonato cálcico, y en casos muy puntuales, *Cerussa*, obtenido al someter plomo a vapores de vinagre (éste ha sido identificado solo en una de las muestras analizadas). Como pigmentos negros se habrían utilizado *Altramentum*, a base de negro de humo, y *Elephantinum*, a base de residuos de huesos o marfil quemados. Finalmente, para el azul se habría empleado *Caeruleum aegyptium*, formado por arena y salitre machacados y limaduras de cobre, que se habría mezclado con tierra verde, *Creta viridis*, para los verdes, dándole una mayor riqueza cromática, ya que la tierra verde tiene un escaso poder de coloración.



Figura 57: Muestra R35 Verde, fotografiada mediante microscopio estereoscópico que demuestra el cumplimiento de la teoría de Lepyk Kopaczynska.

Como se ha señalado en el capítulo anterior, Plinio divide los pigmentos en *floridi* y *austeri*, en base a lo que Lepyk Kopaczynska (1958) crea su teoría de colores translúcidos y colores opacos. En los paneles de la zona intermedia de color rojo se ha identificado que el minio, pigmento que estaría dentro del grupo de los *floridi*, está superpuesto al óxido de hierro, *austeri*; asimismo, el verde, también *floridi*, se superpone al negro, por lo que se puede afirmar que la teoría de Lepyk se cumple, pues los colores *floridi* se localizan en la capa superior (Fig. 57).

Especial mención merece la presencia de oxi-hidróxidos de hierro, ya que son los más frecuentes en todas las muestra analizadas. Éstos se presentan sobre todo en forma de goethita y limonita, de color anaranjado, y hematites, de color rojo. Como se ha mencionado anteriormente, entre ambos existe una estrecha relación, pues el calor transforma los óxidos de hierro amarillos en óxidos de hierro rojos; esta transformación puede ser accidental o llevarse a cabo de manera intencionada (Eastaugh, Walsh, Chaplin & Siddall, 2008). En este caso se plantea la hipótesis de que la hematites empleada en los paneles intermedios rojos sea artificial mientras que la empleada en la decoración del zócalo, de una tonalidad más oscura y no tan brillante, sea una tierra natural rica en óxidos de hierro.

Del mismo modo, se debe señalar la dificultad que presenta la distinción del negro de carbón y del negro de humo, ya que ambos presentan la misma composición elemental, diferenciándose sólo en el tamaño de partícula, presentando el primero de ellos un tamaño de grano mayor. Es por ello que en este trabajo se ha supuesto la presencia de negro de carbón en las muestras en las que éste aparece mezclado con hematites, para oscurecer su tono, ya que el negro de humo enturbiaría demasiado el color. Por otro lado, se ha estimado el uso de negro de humo para los colores negros lisos pues, como se puede apreciar en las imágenes de SEM, su tamaño de partícula menor se deposita sobre los granos del resto de pigmentos envolviéndolos; éstos, en la mayoría de los casos, suelen ser tierras empleadas habitualmente para dar más cuerpo a la capa y facilitar, a su vez, el pulido de la superficie (Fig. 56).

Por último, cabe destacar las dos texturas diferentes que se distinguen en el acabado de la superficie (Fig. 58): el acabado liso y de aspecto ceroso de las zonas rojas, que con toda

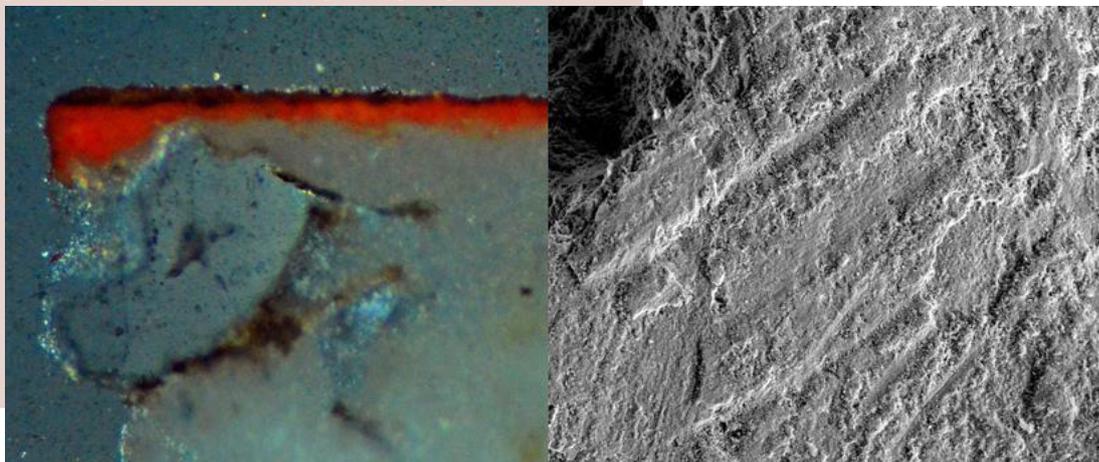
probabilidad ha sido provocado al pulir la superficie y se ha visto favorecido por la presencia de arcillas, y por otro, el aspecto rugoso con la impronta de las pinceladas que muestran los verdes de las bandas o los motivos vegetales de la guirnalda, que habrían sido ejecutados con el mortero casi seco y, por tanto, mezclados con un aglutinante o con agua de cal probablemente con un aceite saponificado.

Gracias al análisis elemental se ha identificado en la capa pictórica la presencia de calcio; lo que indica que el pigmento ha sido fijado gracias a la carbonatación de la cal procedente del mortero o a la fijación del pigmento con agua de cal. Eso llevaría a afirmar que la ejecución de las pinturas ha sido llevada a cabo empleando la técnica del fresco, mayoritariamente, con zonas al seco, como se acaba de señalar. Por otro lado, las imágenes obtenidas mediante el microscopio óptico (MOP) y el microscopio electrónico de barrido de alta resolución (HRSEM) han permitido observar que, en la mayoría de los casos, el último estrato de mortero fue espatulado (Fig. 59). Este acabado en las superficies más extensas favorece su mejor carbonatación y se puede relacionar claramente con el término *politiones* de Plinio.



Figura 58: Diferencia entre el aspecto ceroso y pulido de los paneles rojos y el acabado rugoso que presentan los verdes sin pulir. Imagen tomada con luz rasante.

Figura 59: Imagen obtenida mediante MOP donde se aprecia la superficie espatulada (Izquierda) e imagen obtenida mediante HRSEM donde se aprecian las huellas dejadas en la capa pictórica por el instrumento empleado para pulir (Derecha).



3.2. PINTURAS MURALES TARDOANTIGUAS DE CASTVLO

El segundo de los casos de estudio corresponde a los revestimientos parietales de época tardoantigua del Conjunto Arqueológico de Cástulo. Como se ha indicado en el capítulo anterior, la excavación del edificio completo todavía no ha concluido, por lo que continúan los estudios y análisis de su estructura y de la funcionalidad del mismo. Una de las últimas hipótesis planteadas, y que parece más certera, es la defendida por Jerónimo Sánchez Velasco (2018) que sostiene que se trataría de un espacio con una piletta bautismal relacionada con la cripta funeraria emplazada a los pies de una iglesia de mediados del siglo V. De esta manera, las pinturas murales, datadas a mediados del siglo IV, decorarían la pared del banco corrido donde los competentes se sentarían esperando la procesión litúrgica dirigida por el obispo que los llevaría hacia su primera comunión después de ser sumergidos en la piletta (Fig. 60).

En comparación con los revestimientos de época romana, las pinturas tardoantiguas presentan notables diferencias. En primer lugar, frente a los cuatro estratos de mortero que presentan las pinturas romanas, las pinturas tardoantiguas solo presentan un estrato de mortero de espesor menor a 2 cm. En segundo lugar, la capa pictórica no se muestra espatulada y se reduce sensiblemente la gama cromática empleada. Finalmente, el esquema decorativo se ve también muy simplificado.



Figura 60: Aspecto actual del edificio paleocristiano con el banco corrido sobre el que se emplazarían las pinturas.

3.2.1.- Esquema decorativo

Se han conservado dos paños de pintura mural de considerables dimensiones aunque de forma irregular, de 165x119 cm y 105x75 cm aproximadamente cada uno, que, a pesar de su estado de conservación, han permitido conocer el esquema compositivo de los revestimientos, además de otros más pequeños, cuyas dimensiones oscilan entre 30-50 cm de largo y 10-30

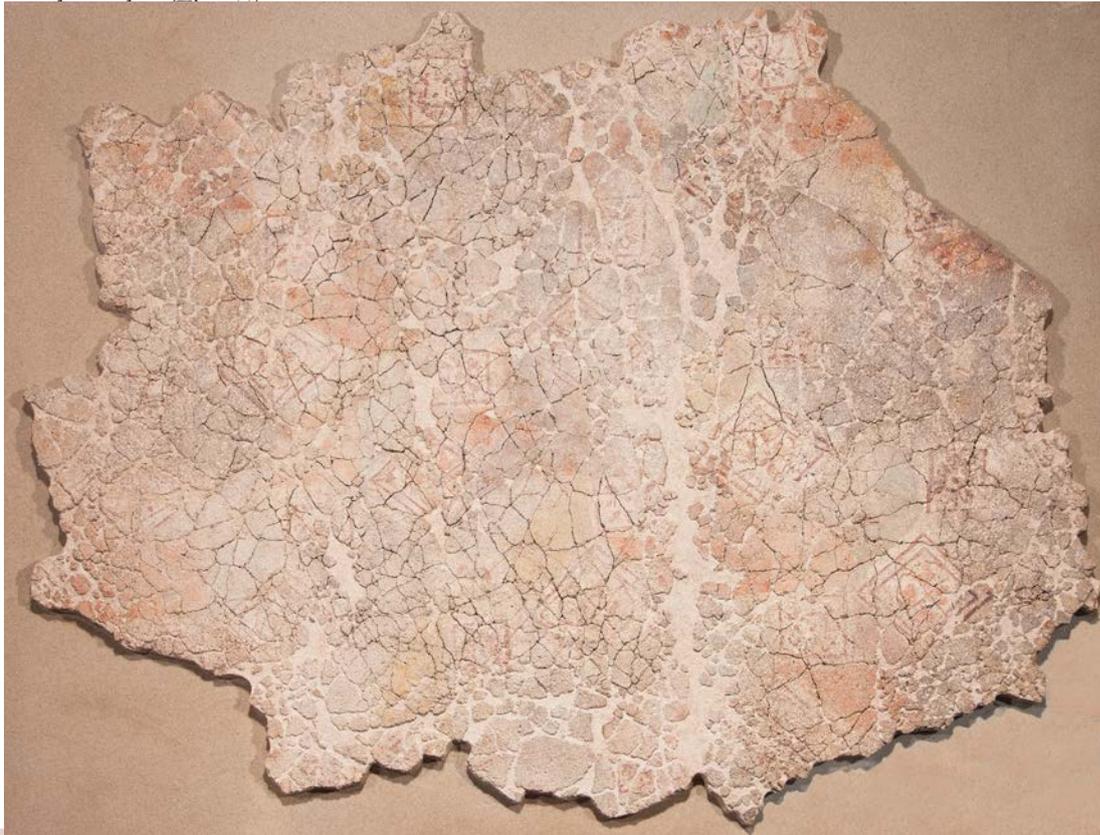


Figura 61: Fotografía de uno de los paños de pintura mural de época tardoantigua de *Castulo*. Fotografía realizada por Domingo Campillo.

Como se ha señalado en la metodología, para estas pinturas se ha realizado una reconstrucción virtual de la decoración mediante un calco digital, extrapolando la información existente en algunas zonas de los revestimientos en los que se conservaba la policromía en buen estado (Fig. 62). Gracias a ello se puede observar que el esquema compositivo presenta una combinación de decoración geométrica y vegetal. La primera de ellas consiste en una sucesión de franjas diagonales, cuyos colores se alternan dotando de cierta profundidad, y en cuadrados monocolor que se insertan dentro de dichas bandas también de manera alterna. Por otro lado, con una alineación diagonal, se suceden rombos dobles y cuadrados simples realizados a mano alzada en un tono rojo oscuro, dentro de los cuales se representan motivos florales. Finalmente, la composición se completa con flores esquemáticas formadas por cuatro trazos semicirculares que se alternan con los cuadrados monocolor nombrados anteriormente.

A excepción de los pétalos de las flores incluidas en los rombos dobles que, en ocasiones, presentan una superposición de dos tonos, todo el resto de la composición está formada por colores planos y en un solo estrato.

Como se puede apreciar en el calco que presenta la escala de veracidad (Fig. 63), los colores que mejor se han conservado son los rojos y amarillos; por el contrario, en el caso de los azules, sólo es posible apreciar, mediante un estudio de la superficie muy exhaustivo, algunos

restos de pigmento, cuya localización coincide con el esquema planteado. La cantidad de pigmento conservado en este caso es tan ínfima y su estado de conservación tan degradado que ha imposibilitado la toma de muestra y su posterior análisis composicional.

Si se compara el calco relativo a la escala de veracidad con el calco que muestra la decoración conservada (Fig. 64) se observa que en la esquina inferior derecha, una de las diagonales de color rojo, presenta una de las zonas en rojo oscuro y no en el rojo más claro como le correspondería según la extrapolación del esquema compositivo. La escasez de fragmentos conservados no permite asegurar si se trata de un error puntual o si, por el contrario, responde a algún cambio en el patrón decorativo.

Finalmente, es importante señalar que a diferencia de los revestimientos anteriormente mencionados de época romana, y a pesar de presentar una decoración geométrica y con un esquema repetitivo, no se han identificado trazas de dibujo preparatorio lo que, unido al hecho de la irregularidad que presentan las líneas, induce a pensar que la realización de esta decoración se efectuó a mano alzada, sin ningún tipo de ayuda para la ejecución de la composición.

Por otro lado, en cuanto a la existencia de obras que reproduzcan el mismo esquema o que se puedan estimar como paralelos estilísticos, no se ha identificado ninguno. El sistema decorativo de relación continua sobre fondo blanco que presentan las pinturas es común en la decoración de los techos en *Hispania*, sobretodo en el sureste peninsular en el siglo II (Guiral Pelegrín, Fernández Díaz & Cánovas Uberta, 2010; Lepore, 2002), sin embargo, aquí se presenta en época más tardía como decoración parietal. Se ha observado en la decoración del zócalo de la basílica paleocristiana de Troia (Heras Mora, 2005) un módulo geométrico parecido al que se repite en los revestimientos tardoantiguos aquí estudiados, pero corresponde sólo a las franjas diagonales de la decoración, no coincidiendo ni en su disposición ni en los motivos vegetales también representados, por lo que no aporta información relevante.



Figura 62: Recreación virtual presente en los revestimientos murales de época tardoantigua de *Castulo*. Calco digital.



Figura 63: Escala de veracidad de la recreación virtual.

- 90 - 100 % veracidad - Policromía conservada
- 70 - 80 % veracidad - Policromía conservada y extrapolación de esquema compositivo
- 10 - 30 % veracidad - Intuído según policromía conservada
- 5 - 10 % veracidad - Hipotizado según restos de policromía conservados
- 0 - 5% veracidad - Imaginado extrapolando el esquema decorativo

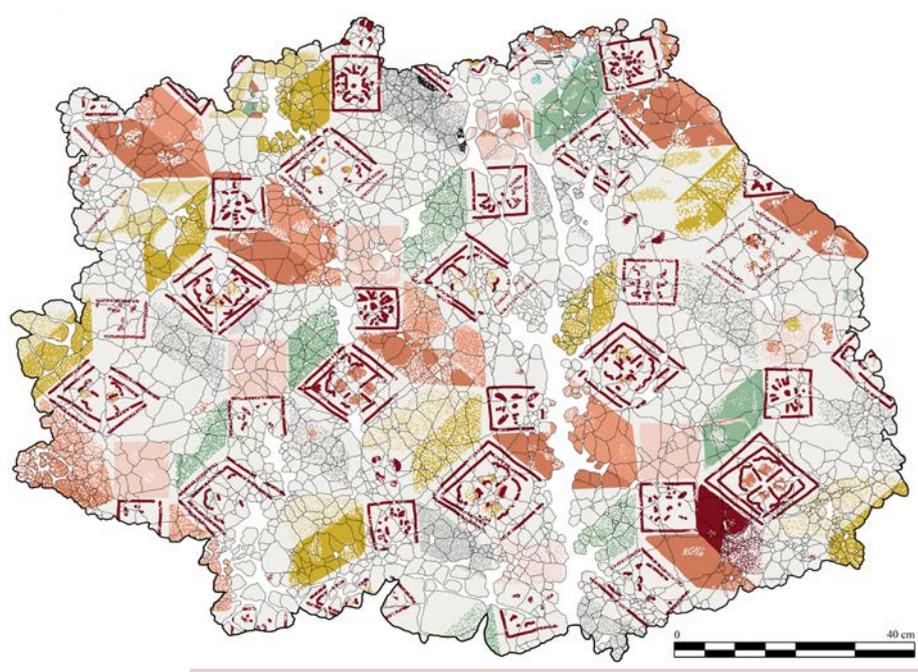


Figura 64: Calco digital con la decoración conservada. Estado actual del revestimiento.

3.2.2.- Caracterización de materiales

Para la caracterización de materiales y de técnica de ejecución de las pinturas murales de época tardoantigua procedentes del Conjunto Arqueológico de Cástulo se han analizado un total de 22 muestras mediante diversos análisis (Tabla 7).

Tipo de análisis		Nº de muestras
Difracción de rayos X		3
Estudios analíticos de los morteros	Aglomerante/árido	3
	Estudio granulométrico	3
Muestra sin preparar	Microscopio estereoscópico	13
	SEM	12
Probeta pulida	Microscopio estereoscópico	2
	SEM	2
Lámina delgado-pulida	Microscopio óptico	7
	SEM	7
Aglutinantes		1

Tabla 7: Tabla resumen de los diferentes análisis efectuados y número de muestras que se ha estudiado en cada tipo de análisis.

3.2.2.1.- Morteros

Un primer análisis visual permite reconocer una de las diferencias más notorias que existe entre estos revestimientos y los de época romana, siendo ésta las características físicas del soporte. Frente a los cuatro estratos de mortero de distinto espesor que presentan las pinturas murales romanas, las decoraciones tardoantiguas están constituidas por un solo estrato de mortero, de un grosor aproximado entre 1 o 1.5 cm.

Ya se ha mencionado en el apartado anterior que, aun presentando numerosas fisuras y un alto nivel de fragmentación, ha sido posible la extracción en conjunto de dos paños de pintura mural de considerables dimensiones. Gracias a ello, se han conservado íntegramente las trazas que responden al sistema de agarre empleado, siendo el mismo método utilizado en los revestimientos de época romana, consistente en la realización de incisiones en forma de espiga en el mortero anterior; éste podría haber sido un mortero de nivelación extendido sobre el muro, aunque no se ha conservado en ninguna zona del revestimiento.

Los análisis efectuados mediante difracción de rayos X han caracterizado un mortero compuesto por calcita, cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, dolomita y moscovita. Al igual que en el caso anterior, se ha realizado una estimación de los porcentajes de cada una de las fases cristalinas identificadas, realizando el promedio y la desviación estándar (Tabla 8). En las muestras analizadas, la calcita nunca es el elemento mayoritario, al contrario de lo que ocurría en los revestimientos romanos; asimismo, se ha registrado una gran variación en los porcentajes de feldespato potásico presente en las distintas muestras, así como de dolomita, cuya presencia ha sido identificada sólo en una de las muestras estudiadas.

Estrato de mortero	Calcita	Cuarzo	Dolomita	Feldespatopotásico	Plagioclasas	Moscovita	
1º Str	Promedio	17.11%	30.08%	4.16%	23.25%	12.64%	12.73%
	DS	7.60	9.79	7.21	28.85	11.54	7.70

Tabla 8: Valores promedio y desviación estándar de los porcentajes de cada tipo de árido obtenidos en los análisis realizados por difracción de rayos X.

Los análisis elementales efectuados mediante SEM-EDX han corroborado la composición del mortero, identificando Ca en la matriz, así como Mg, Al, Si y K como elementos característicos del árido.

Al igual que en las pinturas murales romanas, también aquí se ha realizado un ataque con ácido a las muestras de mortero para establecer la relación existente entre el aglomerante y el árido y completar los resultados obtenidos por los difractogramas. En este caso, al comparar los resultados de las muestras pertenecientes al único estrato de mortero identificado, con los resultados de las muestras correspondientes a los morteros realizados con una relación de aglomerante/árido conocida, se observa que las pinturas murales de época tardoantigua podrían tener una relación cal/árido de 1:3 o 1:2 aproximadamente (Tabla 9; Fig. 65).

El ensayo de distribución granulométrica se ha efectuado mediante el análisis de tres muestras correspondientes al único estrato identificado en los revestimientos (Tabla 9). Dicho ensayo ha determinado un árido de menor grosor que el empleado en los revestimientos romanos, que se distribuye principalmente en dos grupos: el primero, con un diámetro comprendido entre 0.25 y 0.8 mm, y el segundo, entre 1 y 1.25 mm.

MTAAA (1,2,3)	Muestras empleadas en establecer la proporción aglomerante-árido
P1:3 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:3
P1:2 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:2
P1:1 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:1
MTA (1,2,3)	Muestras empleadas para el estudio granulométrico

Tabla 9: Muestras empleadas en el ensayo de precipitación tras ataque con ácido y en el estudio de la distribución granulométrica.

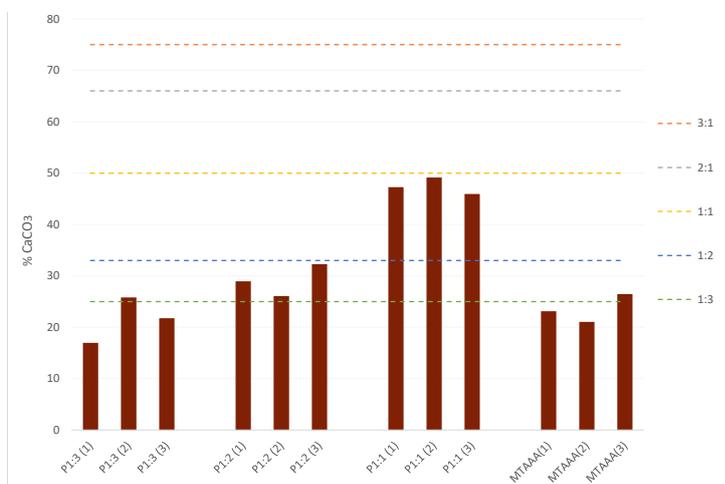


Figura 65: Representación gráfica de los resultados del ensayo de identificación de la relación aglomerante-árido.

A su vez, el análisis visual realizado mediante microscopio óptico y microscopio estereoscópico ha permitido identificar las características visuales del árido empleado. Gracias al primero de ellos se ha reconocido la irregularidad que el árido presenta en su morfología, siendo en ocasiones redondeado y, en otras, bastante anguloso; el primero de los casos procede, probablemente, de río mientras que el segundo puede proceder de cantera. Asimismo se observa que presenta un mayor tamaño en comparación con el analizado en los últimos estratos de los revestimientos romanos (Fig. 66). En cuanto al microscopio estereoscópico ha evidenciado cómo, al no haber sido espatulado el mortero, el árido de menor tamaño no asciende a las zonas más superficiales; de esta manera, el árido grueso se presenta distribuido de manera más homogénea en todo el estrato, provocando una superficie mucho más rugosa, llegando incluso a apreciarse el árido de mayor tamaño en la misma capa pictórica (Fig. 67).

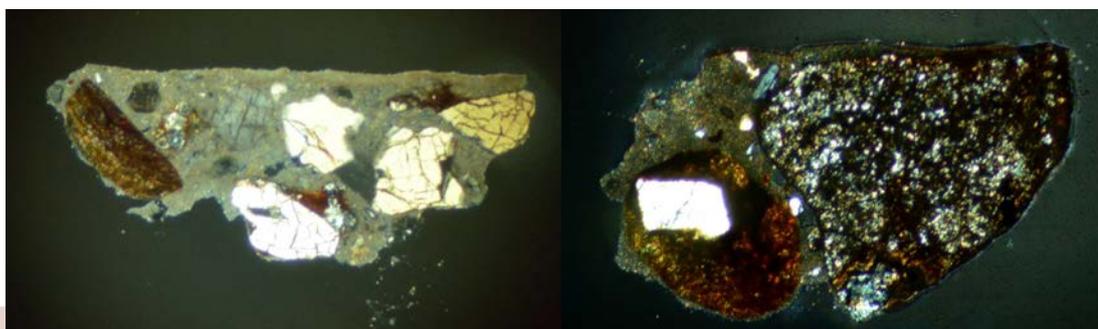


Figura 66: Muestras TA3 Blanco (Izquierda) y TA8 Rojo plano (Derecha) analizadas mediante MOP donde se aprecian las características del árido.



Figura 67: Muestra TA1 Naranja. Se evidencia en la fotografía cómo el árido grueso, en ocasiones, se aprecia en la propia capa pictórica.

3.2.2.2.- Pigmentos

En este caso, las muestras analizadas han permitido identificar la utilización de 5 pigmentos distintos. Dichas muestras también se han distribuido en varios grupos según su color, siendo en este caso: rojos-naranjas, verdes y blancos.

Debido al estado de conservación de estos revestimientos ha sido imposible tomar muestra alguna de las zonas con pigmento negro y ocre así como de los pocos granos de pigmento azul conservados. En el caso del pigmento negro, éste ha podido ser caracterizado por los granos de dicho color identificados en la policromía roja, empleados para oscurecer el tono.

Rojos y naranjas

Del mismo modo que sucede en los revestimientos de la Sala del Mosaico de los Amores, también aquí el color rojo es el mayoritario en la composición. En todas las muestras analizadas se ha identificado hematites como pigmento, es decir, óxido de hierro.

El análisis mediante microscopía estereoscópica y microscopía óptica de la muestra TA7 Rojo figura, procedente de una de las líneas que forman los cuadrados, evidencia una policromía bien conservada y de una tonalidad brillante y saturada; sin embargo, en su análisis mediante SEM-EDX resulta difícil obtener un espectro en el que se identifique hierro, debiendo analizar distintos puntos hasta su identificación. Por el contrario, en el análisis por SEM-EDX de la muestra TA8 Rojo plano, perteneciente a uno de los paralelogramos que forman las franjas diagonales, se identifica Fe en la mayoría de los espectros obtenidos en el análisis de la capa pictórica. Esta circunstancia plantea la hipótesis de que para la ejecución de los rombos dobles y de los cuadrados simples el pigmento se habría mezclado con agua de cal mientras que en las franjas diagonales el pigmento se habría mezclado sólo con agua; en ambos casos la aplicación se realizaría con el mortero aún húmedo, por lo que el color de los rombos y los cuadrados es más consistente ya que habría sufrido una doble carbonatación, la procedente del mortero y la del agua de cal con la que se habría mezclado el pigmento.

Por otro lado, las distintas tonalidades de rojo presentes en la decoración han sido obtenidas al mezclar, en algunos casos, la hematites con negro de humo/carbón y negro de hueso, como ha sido el caso de la muestra TA5 Rojo y TA8 Rojo Plano (Fig. 68).

Al igual que sucede con las muestras de color rojo, en los análisis efectuados mediante SEM-EDX, se ha identificado en todas las muestras de color naranja una mezcla de **tierras ricas en hematites**. Para la obtención de este color, a diferencia que en el rojo, no se ha empleado pigmento negro para oscurecer el tono.

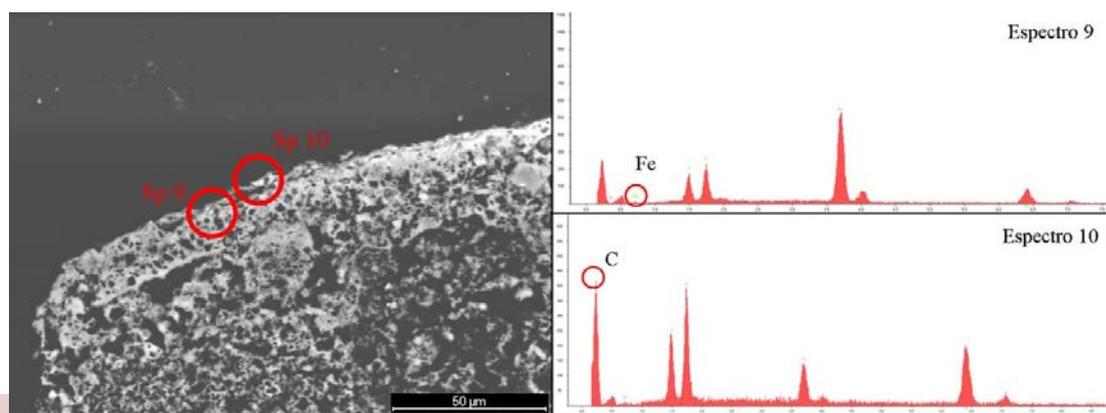


Figura 68: Muestra TA8 Rojo plano analizada mediante SEM-EDX. Se han caracterizado pequeños granos de hematites mezclados en la capa pictórica con negro de humo/carbón.

Verdes

Ya se ha mencionado cómo el estado de conservación de estos revestimientos ha imposibilitado la toma de muestra y el análisis de alguno de los pigmentos empleados en su composición. En el caso de los verdes, el estado de las muestras que se pudieron tomar sólo ha permitido su análisis mediante microscopio estereoscópico y mediante SEM-EDX con la muestra sin preparar para evitar el riesgo de perderla en su proceso de preparación.

Dichos análisis han identificado como elementos característicos Fe, K, Al y Mg, correspondientes al uso de glauconita y celadonita, minerales que componen las **tierras verdes**. Este pigmento se caracteriza por tener poco poder cubriente y poca intensidad cromática aunque, por el contrario, presenta buena compatibilidad con toda la gama de pigmentos, así como una gran estabilidad a lo largo del tiempo (Delamare, 1987a).

Mientras que en época romana, el color verde de la pintura mural se caracteriza por la adición de azul egipcio a las tierras verdes, en épocas posteriores esta práctica se elimina (Delamare, 1987a). En el caso de las decoraciones tardoantiguas de *Castulo* sólo se ha identificado trazas de cobre en una de las muestras estudiadas, no pudiéndose descartar el empleo de azul egipcio, mientras que la mayoría de los verdes analizados de los revestimientos romanos están compuestos por una mezcla de tierras y azul egipcio.

Blancos

En la composición decorativa de estos revestimientos el blanco parece actuar más como un fondo que como un elemento decorativo en sí. Según el análisis visual realizado gracias a las muestras sin preparar mediante microscopía estereoscópica así como a las muestras preparadas en láminas delgadas y probetas pulidas, el estrato de pintura blanco, aunque presenta pérdidas, aparece extendido por toda la superficie; esto se puede apreciar por ejemplo en la muestra TA11 Blanco y rojo, donde la capa pictórica roja parece superponerse a una fina capa de blanco. Ello podría deberse a la aplicación de una fina lechada de cal que mejorase la carbonatación; debido a la irregularidad de la superficie, ésta se habría fijado y conservado mejor en unas zonas que en otras, haciendo que en ocasiones la policromía sí se aplique sobre ella mientras que en otras zonas se aplicaría directamente sobre el mortero. Es por ello que en el análisis de las distintas muestras aparezca en ocasiones un estrato sutil blanco bajo la policromía mientras que en otras se aprecia como la capa pictórica se superpone directamente a un grano de árido.

Los análisis efectuados mediante SEM-EDX han identificado Ca, Al y Si como elementos mayoritarios, de lo que se deduce que para el blanco se ha empleado carbonato cálcico. Como ya se indicó en el apartado anterior, el empleo de **blanco de cal** estuvo muy extendido en la pintura mural de la Antigüedad (Arjonilla Alvarez, 1992).

3.2.2.3.- Aglutinantes

En el caso de las pinturas murales de época tardoantigua, los análisis efectuados para la identificación de sustancias orgánicas tampoco han detectado ningún aglutinante, aunque sí abundantes componentes de sistemas microbiológicos (hongos, algas, bacterias) tales como metabolitos, ácidos grasos, glicerol y azúcares.

Si bien en el caso de los revestimientos castulonenes de época romana se han identificado ácidos grasos y se ha estimado por ello el posible empleo de aceites saponificados o huevo en la ejecución de las pinturas murales, en este caso dicha posibilidad es inexistente. En primer lugar, porque el porcentaje de ácidos grasos identificados es mucho menor; en segundo, porque la pintura no presenta el mismo acabado que los revestimientos de época romana, aspecto que haría pensar en el uso de aceites saponificados, ni tampoco diversos estratos pictóricos, que dificultaría la fijación de los pigmentos por carbonatación haciendo necesario el uso de un aglutinante. Por otro lado, la simplicidad del esquema decorativo permite que la pintura se realizara durante el tiempo en el que el mortero permanecía húmedo.

Ya se ha indicado varias veces la dificultad de la identificación inequívoca de los aglutinantes empleados debido, por un lado, a la degradación que suelen presentar y, por otro, porque el uso de cal, por presentar la misma composición elemental que el soporte, no permite su diferenciación. Sin embargo, teniendo todo ello en cuenta y constatando el aspecto que presentan algunas de las muestras analizadas, así como su análisis mediante SEM-EDX, se ha considerado probable el empleo de agua de cal para fijar el pigmento y elaborar los motivos decorativos de los rombos dobles y los cuadrados simples, así como los contornos de los elementos florales.

3.2.3.- Discusión de resultados

La primera deducción que se puede hacer una vez efectuado el análisis tanto de las distintas muestras como del esquema compositivo de estos revestimientos es que repiten los mismos materiales que los empleados en los revestimientos de época romana, pero la manera en la que éstos se utilizan difiere de los de época anterior, quedando patente la simplificación de la técnica sobre todo en las características del mortero y en el acabado del mismo.

Como se ha mencionado, una de las características principales de estas pinturas es su soporte, presentando un solo estrato de mortero cuyo espesor oscila entre 1 o 1.5 cm, con una relación aglomerante-árido de 1:3 a 1:2 y con un tamaño de árido más grueso que en el tercer y cuarto estrato de los revestimientos de época romana. Unas incisiones en un posible mortero de nivelación de base en forma de espiga habrían favorecido la adhesión del revestimiento al muro.

En algunas de las muestras analizadas, como en la TA11 Blanco y rojo, parecen distinguirse dos estratos de mortero mientras que en otras, como en la TA12 Naranja, sólo uno. Se ha estimado que en sustitución del *intonachino* se habría extendido una fina capa de cal que serviría también como fondo de la composición. Dicha capa presenta un espesor irregular, tal y como se aprecia en la muestra TA3 Blanco, lo que, unido a la rugosidad del mortero,

habría contribuido a que la capa se fijara mejor en unas zonas que en otras (siendo esta la razón de que se aprecie sólo en algunas de las muestras) (Fig. 69).

Sobre la capa de cal se extenderían los pigmentos empleando la técnica al fresco para su fijación. En el caso de los dibujos lineales de cuadrados simples y rombos dobles, además de para el contorno de los motivos florales, el pigmento se reforzaría con agua de cal.

Todo ello se realizaría sin la ayuda de un dibujo preparatorio y empleando, para ello, una paleta muy semejante a la romana aunque más reducida y con dos diferencias señaladas. La primera de ellas es el uso de tierras ricas en óxidos de hierro; en este caso la señal de este elemento dentro del espectro es mucho menor, lo que corresponde al empleo de una tierra rica en hematites.

En segundo lugar, para la realización del color verde no queda claro si se añadió azul egipcio o no, dado que sólo se ha identificado cobre en una de las muestras. Como ya se ha señalado, la adición de azul egipcio en este color era común en época romana, mientras que en épocas posteriores se emplean mayoritariamente tierras, como ocurre en las pinturas paleocristianas del cubículo “*Dei Fornai*” (Bracci, Realini, Sacchi, Bartolozzi, Patrizia, Mazzei & Senserrich Españes, 2013); el cobre caracterizado podría deberse al uso de un acetato de cobre o, incluso, a una malaquita o azurita, por lo que no es posible concluir el pigmento empleado.

La segunda gran diferencia entre estos revestimientos y los de la Sala del Mosaico de los Amores es que la superficie no se presenta espatulada. Esto hace que el árido esté distribuido de manera más homogénea y que el más grueso quede distribuido de forma regular, apreciándose en ocasiones en la capa pictórica.

Finalmente, teniendo en cuenta tanto el esquema compositivo como las características técnicas de estos revestimientos, no se han encontrado ejemplos paralelos que se puedan comparar de manera significativa con ellos. En primer lugar, aun cuando el sistema decorativo de relación continua es más habitual en decoraciones de techos, no se ha encontrado ningún esquema similar en ese tipo de decoración a las pinturas castulonenes. En segundo lugar, las referencias de pintura mural de época tardoantigua analizadas corresponden a dos ambientes muy distintos: por un lado, las pinturas murales que decoran residencias privadas, *villae*, que repiten la misma técnica y los mismos esquemas decorativos que la pintura mural de época romana; y, por otro, las pinturas de ámbito paleocristiano, presentes en ambientes hipogeos, que muestran esquemas decorativos diversos pero cuya técnica de ejecución se asemeja mucho más a los revestimientos tardoantiguos castulonenes.

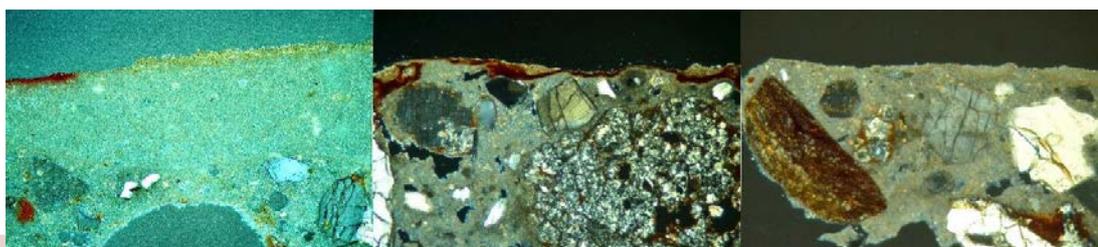


Figura 69: Muestra TA11 Blanco y Rojo donde aparece una capa de cal sobre el mortero (Izquierda). Muestra TA12 Naranja, donde esa capa de cal no aparece (Centro). Muestra TA3 Blanco, donde se aprecia el grosor variable del estrato de cal (Derecha).

3.3. PINTURAS MURALES DE CÓRDOBA

El objetivo de este apartado es obtener información que permita avanzar en el conocimiento de la evolución de la técnica ejecutiva y de los materiales constitutivos de los revestimientos murales desde época antigua al periodo medieval en este contexto geográfico. Debido a la escasez de decoración parietal conservada correspondiente a esta época, el intervalo de tiempo existente entre los revestimientos tardoantiguos y los primeros ejemplos de pintura mural medieval estudiada con antelación por el grupo de investigación puede resultar excesivamente amplio. Por ello, para este estudio se han escogido tres revestimientos de cronología más próxima procedentes de una zona geográfica cercana a *Castulo* y comprendida en el mismo contexto geográfico de las pinturas de época medieval ya estudiadas por el grupo, esto es, la localidad de Córdoba.

Siguiendo la misma metodología empleada en las pinturas murales romanas y tardoantiguas de *Castulo*, se han analizado los materiales y la técnica de ejecución de unas pinturas de época romana procedentes de la excavación de Parque Infantil de Tráfico, otras de época emiral pertenecientes a la excavación de Miraflores y, finalmente, unas de época califal procedentes de la excavación de Hospital Reina Sofía.

Dado que no existe relación directa entre la composición y estructura decorativa ni la gama cromática entre las decoraciones de las distintas épocas y puesto que el principal objetivo del estudio de estas pinturas es el análisis de la evolución de la técnica, no se ha realizado un análisis de los esquemas compositivos de los revestimientos procedentes de Córdoba, lo que ha permitido trabajar con fragmentos descontextualizados, aunque siempre de una cronología fiable.

3.3.1.- Pinturas murales de época romana: Parque Infantil de Tráfico

El análisis de estos revestimientos de época romana permite establecer paralelismos y similitudes, en cuanto a materiales y técnica de ejecución se refiere, con los revestimientos de época romana de *Castulo*. De esta manera, es posible corroborar que los cambios evidenciados en los distintos revestimientos responden a una evolución en la técnica de la pintura mural, y no a un cambio de materiales o de técnica de ejecución por motivos geográficos.

3.3.1.1.- Contextualización de los fragmentos

Los revestimientos aquí estudiados proceden de la actividad arqueológica puntual realizada en el Parque Infantil de Tráfico, en la Avenida de la Victoria, en Córdoba (Castro del Río, Pizarro Berengena & Ruiz Lara, 2009).

En esta excavación se encontró una *domus* de mediados del siglo I – principios del siglo

II d.C. que formaría parte del *vicus* occidental de la ciudad y a la que se ha denominado *Domus* del Sátiro. La vivienda, documentada casi en su totalidad, se distribuye alrededor de un peristilo con columnas que circundan una fuente y un pavimento musivario decorado con fauna marina. Las estancias distribuidas al sur y al este del peristilo presentan también decoraciones de mosaicos en el suelo así como revestimientos murales de gran calidad (Castro del Río, Pizarro Berengena & Sánchez Ramos, 2006); de entre ellas destaca el *triclinium*, al que pertenecen los revestimientos aquí estudiados (Fig. 70).

El *triclinium* presenta una planta que dibuja un esquema de “T+U”, donde se representarían actividades lúdicas como danza o espectáculos teatrales para amenizar el banquete; dicho esquema queda enfatizado por el pavimento constituido por losas de diversos tipos de mármoles y pizarra negra. Sus muros, contruidos con sillares cuadrangulares y tapial, presentan decoración en dos zonas distintas: por un lado, un zócalo corrido ornamentado con imitaciones de mármoles; por otro, una zona media con decoración arquitectónica y una escena principal con un paisaje mitológico y representaciones humanas. Finalmente, la estancia presentaría un techo plano y una bóveda en la zona de la “T” y en la zona de la “U” respectivamente (Castro & Cánovas, 2009-2010).

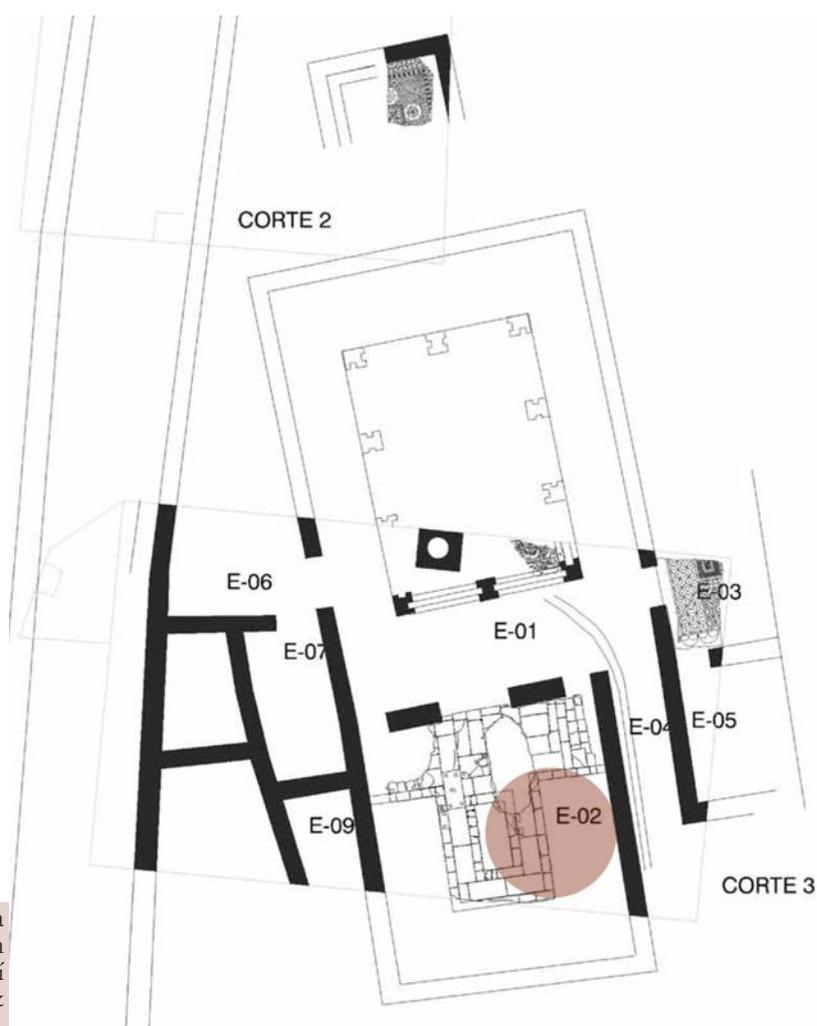


Figura 70: Planta restituida de la *Domus* y localización de los revestimientos aquí estudiados (Castro & Cánovas, 2009-2010).

3.3.1.2.- Caracterización de materiales

En el caso de los revestimientos procedentes de la excavación de Parque Infantil de Tráfico, se han analizado un total de 29 muestras. Igual que en los casos anteriores, en la siguiente tabla (tabla 10) se muestran los distintos análisis que se han efectuado y el número de muestras analizadas en cada uno de ellos.

Tipo de análisis		Nº de muestras
Difracción de rayos X		5
Estudios analíticos de los morteros	Aglomerante/árido	9
	Estudio granulométrico	9
Muestra sin preparar	Microscopio estereoscópico	6
	SEM	3
Lámina delgado-pulida	Microscopio óptico	2
	SEM	2
Aglutinantes		1

Tabla 10: Tabla resumen de los diferentes análisis efectuados y número de muestras que se han estudiado en cada tipo de análisis.

Morteros

En un primer análisis visual ha sido posible identificar tres estratos de mortero (Fig. 71). Como ya se ha mencionado, al tratarse de fragmentos descontextualizados no ha sido posible verificar si existen más estratos de mortero que los presentes en dichos fragmentos ni tampoco analizar el sistema de agarre entre los mismos.

El **primero de los estratos** identificados presenta un tono rosado debido a la adición de cerámica machacada; ésta, que como se ha mencionado anteriormente, servía para favorecer la retención de agua del mortero, puede apreciarse a simple vista. Se han identificado también, en ocasiones, improntas que podrían corresponder al uso de paja como otro aditivo, aunque, al no reconocerse de manera tan clara como en el caso de los revestimientos de *Castulo* no se puede afirmar su uso en rotundidad.



Figura 71: Muestra procedente de las pinturas murales de época romana de la excavación de Parque Infantil de Tráfico. Fotografía tomada mediante microscopía estereoscópica donde se aprecian los tres estratos de mortero.

El **segundo estrato**, de un espesor que oscila entre 6 y 9 mm presenta una tonalidad más clara y terrosa. Salvo dicho cambio en el tono, no se aprecia gran diferencia entre las características de este estrato y el anterior; ambos muestran un aspecto poroso, siendo el árido de pequeño tamaño y distribuido de manera homogénea. También en este caso se han identificado restos de cerámica machacada, aunque en menor proporción que en la capa anterior.

Finalmente, el **tercer estrato**, el *intonachino*, tiene un espesor aproximado de 1 mm, y un aspecto mucho más blanco y con un árido de tamaño muy reducido, apreciable solo cuando se analiza mediante microscopía.

Los análisis de difracción de rayos X han caracterizado un mortero de cal con cuarzo, feldespato potásico y moscovita como árido mayoritario; en menor proporción se ha identificado también dolomita y plagioclasas. Mientras que en la composición de las muestras del primer y segundo estrato de mortero no existen diferencias notorias, los difractogramas del último estrato muestran un mayor porcentaje en calcita y no identifican feldespato potásico ni plagioclasas como árido (Tabla 11). El análisis elemental efectuado mediante SEM-EDX ha corroborado dichos resultados.

Estrato de mortero		Calcita	Cuarzo	Dolomita	Feldespato potásico	Plagioclasas	Moscovita
1° Str	Promedio	45.32%	33.06%	3.89%	5.09%	2.35%	10.30%
	DS	2.36	3.81	0.27	7.19	1.47	2.23
2° Str	Promedio	34.99%	28.75%	7.23%	10.19%	2.25%	16.60%
	DS	19.11	8.83	3.63	2.88	0.46	11.48
3° Str	Promedio	57.60%	27.06%	2.59%	-	-	8.48%
	DS	-	-	-	-	-	-

Tabla 11: Valores promedio y desviación estándar de los porcentajes de cada tipo de árido obtenidos en los análisis realizados por difracción de rayos X y ordenados según el estrato de mortero al que pertenece la muestra.

Siguiendo la misma metodología empleada que en los revestimientos castulonenses, se ha efectuado un análisis para establecer la relación de aglomerante-árido y para ver la distribución granulométrica de los estratos (Tabla 12).

El primer ensayo ha mostrado que el último estrato de mortero presenta un mayor porcentaje de aglomerante, confirmando los resultados obtenidos en la difracción de rayos X. Al igual que sucede en los revestimientos de época romana de *Castulo*, tanto el promedio de los porcentajes obtenidos en los difractogramas como los resultados obtenidos tras el ataque de las muestras con ácido han evidenciado una mayor proporción de CaCO_3 en el mortero más interno (Fig. 72). Se verifica nuevamente aquí, por lo tanto, la presencia de árido grueso de naturaleza carbonática.

En cuanto al segundo ensayo, el de distribución granulométrica del árido, se observa claramente cómo el diámetro del mismo disminuye conforme el estrato al que pertenece es más superficial. Mientras que en el primer estrato se registra una pequeña proporción de árido comprendido entre 0.8 y 1.25 mm de diámetro, en los dos estratos siguientes ésta casi

desaparece. Asimismo, la curva de distribución granulométrica en las muestras pertenecientes al último estrato presenta un ligero cambio en la tendencia, disminuyendo su convexidad en los primeros valores y reflejando, de esta manera, una mayor proporción de árido fino.

Finalmente, el análisis de las muestras mediante microscopio estereoscópico y mediante microscopio óptico polarizado ha evidenciado las mismas características ya comentadas, esto es, un último estrato de color muy blanco y en el que el poco árido que se aprecia presenta una morfología irregular.

MPITAA1 (1,2,3)	Primer estrato de mortero, estudio proporción aglomerante-árido
MPITAA2 (1,2,3)	Segundo estrato de mortero, estudio proporción aglomerante-árido
MPITAA3 (1,2,3)	Tercer estrato de mortero, estudio proporción aglomerante-árido
P1:3 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:3
P1:2 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:2
P1:1 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:1
MPIT1 (1,2,3)	Primer estrato de mortero, estudio granulométrico
MPIT2 (1,2,3)	Segundo estrato de mortero, estudio granulométrico
MPIT3 (1,2,3)	Tercer estrato de mortero, estudio granulométrico

Tabla 12: Muestras empleadas en el ensayo de precipitación tras ataque con ácido y en el estudio de distribución granulométrica.

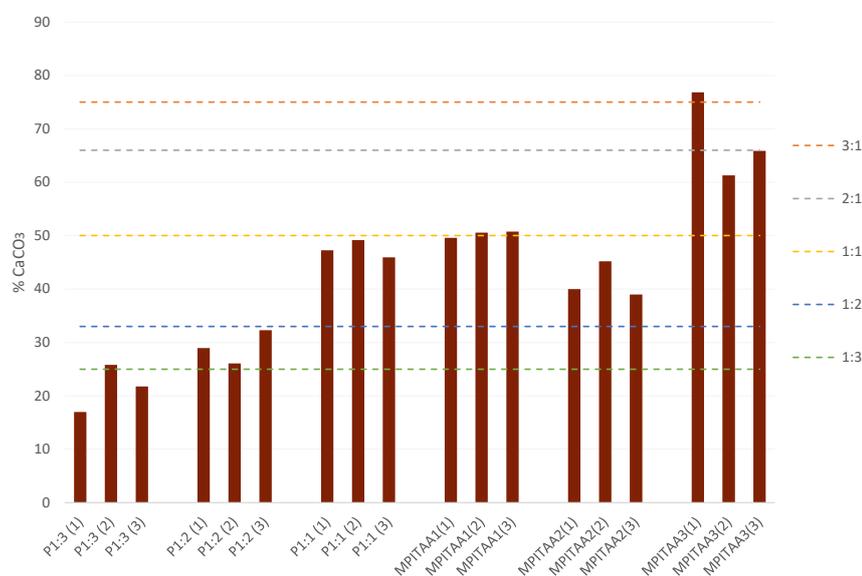


Figura 72: Representación gráfica de los resultados del ensayo de identificación de la relación de aglomerante-árido correspondiente a las muestras de los morteros realizados con una proporción de aglomerante-árido conocido y a las muestras de los tres estratos de mortero identificado en los revestimientos de época romana de Córdoba.

Pigmentos

Diversas publicaciones señalan la variedad de la paleta empleada en los revestimientos de la *domus* del Parque Infantil de Tráfico (Castro & Cánovas, 2009-2010; Castro del Río, Pizarro Berengena, & Ruiz Lara, 2009; Castro del Río, Pizarro Berengena & Sánchez Ramos, 2006). Dado que no es el objetivo de esta tesis doctoral el análisis en profundidad de estas decoraciones y puesto que el color rojo es el más representativo en las pinturas murales castulonenses, además de en los revestimientos emirales y califales, como ya se ha señalado sólo se han tomado muestras de dicho color para establecer las semejanzas y/o diferencias entre los revestimientos.

En las muestras analizadas se han podido identificar dos tipos de rojos distintos: uno, compuesto por **hematites**, correspondiente a las muestras PIT2, PIT3, PIT4 y PIT6, y otro formado por hematites mezclado con **rojo de plomo**, identificado en las muestras PIT1 y PIT5.

En todos los casos, se ha empleado pigmento negro para oscurecer el tono de rojo. Al no identificar elementos característicos, se ha supuesto que el pigmento empleado sería **negro de carbón**, salvo en el caso de la muestra PIT5 en la que sí se ha identificado P, pudiendo responder al uso de **negro de hueso**.

Finalmente, en la muestra PIT1 se han identificado dos estratos de color, siendo el más interno de color amarillo, compuesto por **oxi-hidróxidos de hierro** mezclado con tierras.

Aglutinantes

En los análisis efectuados para la determinación de aglutinantes en estos revestimientos no se ha identificado sustancias orgánicas ni oxalatos que puedan atribuirse al empleo de un aglutinante de los habitualmente usados en pintura. No obstante, los análisis mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier han detectado diversos compuestos como ácido láctico, malónico, succínico y butanodioico, procedentes de la acción de hongos y bacterias, así como ácidos grasos saturados (principalmente palmítico y esteárico) y glicerina que pueden derivar de una grasa animal o de la acción de microorganismos. Igualmente, se ha identificado fosfato y trazas de glicina, leucina y serina, que pueden proceder de una proteína muy biodeteriorada con alto contenido en fosfato.

Las muestras han sido tomadas de fragmentos en los que no existe superposición de estratos de policromía, lo que hace pensar que se trataría de fondos o grandes superficies pintadas de un solo color ejecutadas normalmente al fresco sin necesidad del empleo de ningún aglutinante. La caracterización de aglutinantes no resulta concluyente debido a la degradación que sufren estas sustancias, sin embargo, la identificación de fosfato y leucina, junto con los ácidos grasos saturados, podrían corresponder al uso de huevo como aglutinante, al igual que la identificación de glicina podría suponer el uso de una cola animal (Garófano Moreno, 2011).

Nuevamente, el nivel de degradación que presentan las sustancias orgánicas impide la obtención de resultados concluyentes.

3.3.1.3.- Discusión de resultados

Tras el análisis de las distintas muestras procedentes de este revestimiento se puede observar que presentan más semejanzas que diferencias con respecto a las pinturas murales de época romana de *Castulo*.

En primer lugar, estas pinturas vuelven a ratificar lo que Vitruvio señala en sus tratados, pues presentan distintos estratos de mortero cuyo espesor y granulometría del árido disminuye conforme se acercan a la superficie. Al igual que en el caso de las decoraciones castulonenes, el mortero formado por cal y árido tiene una tonalidad rosácea provocada por la presencia de cerámica machacada que actuaría de forma similar a la puzolana. El último estrato de mortero, el enlucido o *intonachino*, se vuelve a diferenciar del resto de los estratos por su tono mucho más blanco y con un árido muy blanco y de granulometría reducida, presentando en este caso una proporción de CaCO_3 mayor que en el caso de las pinturas murales de *Castulo*.

En cuanto a los pigmentos empleados, gracias a las distintas publicaciones consultadas se puede ratificar cómo presentan una paleta variada y cuidada. En este sentido, se vuelve a identificar el uso de pigmento negro, de carbón y de hueso, para oscurecer el tono de rojo obtenido por el empleo de hematites, y la adición, por otro lado, de rojo de plomo para enriquecer e intensificar dicho tono. Asimismo se ha corroborado la superposición de estratos de distinto color, identificándose en una de las muestras un estrato ocre compuesto por oxi-hidróxidos de hierro y otro rojo, superpuesto, compuesto por hematites mezclado con rojo de plomo y negro de carbón.

Finalmente, el análisis de las muestras mediante microscopio óptico así como los análisis efectuados para la caracterización de sustancias orgánicas han permitido identificar que la capa pictórica se presenta también espatulada, por lo que, unido al hecho de que el componente mayoritario de la capa pictórica es carbonato cálcico, se deduce que las pinturas podrían haber sido ejecutadas al fresco. La identificación de ciertas sustancias orgánicas en los fragmentos induce a pensar en el posible empleo de una cola animal o huevo, aunque resulta extraño su uso en un fragmento en el que sólo se reconoce un estrato de policromía. La degradación que presentan dichas sustancias junto con la escasa información sobre la composición que dan los fragmentos estudiados no permite establecer conclusiones fiables.

3.3.2.- Pinturas murales de época emiral: Miraflores

Como ya se ha mencionado, no se han identificado, en un entorno geográfico próximo a *Castulo*, revestimientos de una cronología intermedia entre las pinturas tardoantiguas y los primeros ejemplos de pintura mural medieval estudiados con antelación por el grupo de investigación. Es por ello que el estudio de los revestimientos de época emiral procedentes de la excavación cordobesa de Miraflores, datados en el siglo VIII d.C., contribuyen al análisis de la evolución de la técnica pictórica de la Antigüedad hasta la Edad Media, estrechando algo ese período intermedio del que no se tiene información en nuestro entorno geográfico.

3.3.2.1.- Contextualización de los fragmentos

Los revestimientos analizados corresponden a la intervención arqueológica desarrollada en el área de Miraflores, una zona de la ciudad de Córdoba localizada en el margen izquierdo del río Guadalquivir, donde se emplaza el denominado arrabal de Šaḡunda o *al-rabad* (Casal García, 2008) (Fig. 73).

La primera referencia literaria sobre esta zona residencial, corresponde al año 756. En ella, al-Qutiyya menciona el saqueo de una casa en Šaḡunda, de lo que se puede deducir que la urbanización debió comenzar su construcción en época anterior (Casal García, León, Murillo, Sánchez, García, Vargas, Sánchez & Pizarro, 2001). El arrabal carecía de sistema de recogida de aguas residuales y situaba sus pozos en pequeñas plazas públicas; asimismo, las viviendas que la constituían se estructuraban alrededor de grandes patios y contaban con diversas dependencias multifuncionales (Orihuela, 2007).

Entre las construcciones encontradas se ha identificado un conjunto de edificaciones que pertenecen a una misma propiedad y que se distribuyen, además, en torno a un patio central. Todo ello unido a su ubicación en la convergencia de dos calles principales ha contribuido a que se interprete como un posible *funduq*, un edificio público vinculado al comercio (Casal García, Bermúdez, León, González, Castro, Murillo, Vargas, Rodero, Sánchez, Canovas, García, Gutiérrez, León, Pizarro, Rodríguez, Salinas, Sánchez & Soriano, 2003). Los fragmentos estudiados proceden de dicha edificación.

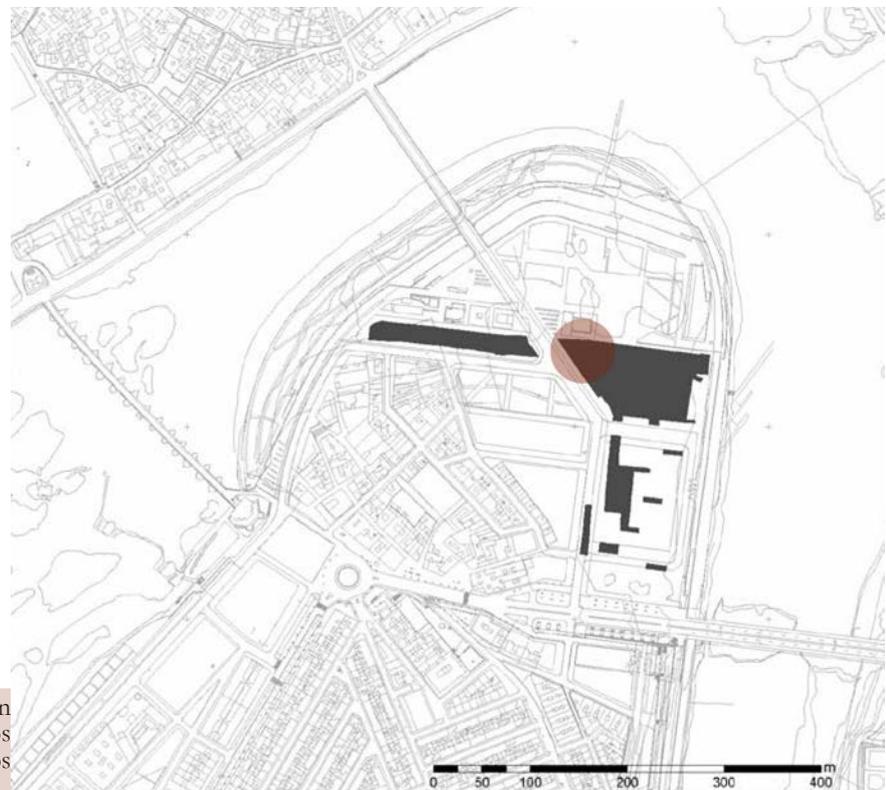


Figura 73: Plano de situación del arrabal y localización de los revestimientos aquí estudiados (Casal García et al., 2003).

3.3.2.2.- Caracterización de materiales

En el caso de los revestimientos procedentes de la excavación de Miraflores, se han analizado un total de 15 muestras, que se han estudiado a través de distintos métodos como se puede ver en la tabla 13.

Tipo de análisis		Nº de muestras
Difracción de rayos X		3
Estudios analíticos de los morteros	Aglomerante/árido	3
	Estudio granulométrico	3
Muestra sin preparar	Microscopio estereoscópico	6
	SEM	6

Tabla 13: Tabla resumen de los diferentes análisis efectuados y número de muestras que se han estudiado en cada tipo de análisis.

Morteros

El primer análisis visual realizado a los fragmentos ha permitido identificar un soporte completamente distinto al de los revestimientos anteriores. En este caso, los fragmentos presentan un solo estrato de mortero de un espesor que alcanza en ocasiones los 3 cm (Fig. 74). Aunque en este primer análisis no se distingue árido grueso ni el empleo de aditivos como paja o cerámica machacada, aspectos que sí se reconocían en los morteros anteriormente estudiados, al realizar una segunda aproximación analizando muestras de mortero bajo el microscopio estereoscópico sí ha sido posible reconocer un árido de tamaño y morfología irregular que, al igual que en el caso de los revestimientos tardoantiguos de *Castulo*, se aprecia en ocasiones en la capa pictórica al no haber sido ésta espatulada.



Figura 74: Mortero de uno de los fragmentos procedentes de la excavación de Miraflores de época emiral.

En cuanto a la composición del soporte, los análisis de difracción de rayos X han identificado un mortero de cal donde los componentes principales del árido son cuarzo y moscovita, acompañados de dolomita, feldespato potásico y plagioclasas, aunque éstas en muy pequeña proporción (Tabla 14). Estos resultados se ven corroborados por los análisis puntuales realizados mediante SEM-EDX en los que se ha identificado Ca, Mg, Al, Si y K como

elementos característicos mayoritarios, mientras que Na, elemento característico de las plagioclasas, ha sido identificado solo en uno de los espectros.

Los ensayos físico-químicos realizados para establecer la proporción de aglomerante-árido y la distribución del árido en el mortero evidencian diferencias entre el mortero de estos revestimientos y los anteriormente estudiados (Tabla 15). En primer lugar, la realización del ensayo para establecer la relación entre aglomerante y árido ha corroborado la proporción de calcita obtenida en los difractogramas, mayor en este caso que en el resto de muestras estudiadas en este trabajo, y cercana, en algunos casos, al 90% del peso del total de la muestra, de lo que se deduce que los carbonatos identificados forman parte tanto del aglomerante como del árido. En segundo lugar, el ensayo de distribución granulométrica certifica una mayor proporción de árido pequeño, siendo casi en su totalidad de un diámetro inferior a 0.8 mm y presentando una mayor proporción de árido comprendido entre el intervalo de 0.125 a 0.25 mm de diámetro.

Estrato de mortero	Calcita	Cuarzo	Dolomita	Feldespato potásico	Plagioclasas	Moscovita	
1° Str	Promedio	60.59%	14.92%	5.23%	8.13%	0.96%	10.18%
	DS	16.61	10.88	2.90	6.33	0.95	2.85

Tabla 14: Valores promedio y desviación estándar de los porcentajes de cada tipo de árido obtenidos en los análisis realizados por difracción de rayos X.

MMIRAA (1,2,3)	Muestras empleadas para el estudio de la proporción aglomerante-árido
P1:3 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:3
P1:2 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:2
P1:1 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:1
MMIR (1,2,3)	Muestras empleadas para el estudio granulométrico

Tabla 15: Muestras empleadas en el ensayo de precipitación tras ataque con ácido y en el estudio de distribución granulométrica.

Pigmentos

Al contrario de lo que sucede en los revestimientos murales procedentes de la excavación de Parque Infantil de Tráfico, donde diversas publicaciones señalan los pigmentos empleados en las decoraciones, en el caso de los de la excavación de Miraflores no existe información alguna sobre los mismos. Por otro lado, al igual que en las pinturas murales tardoantiguas de *Castulo*, el estado de la capa pictórica no permite reconocer un estrato continuo y definido de color, presentando zonas pulverulentas (Fig. 75). Todo ello, unido al hecho de que se trata de fragmentos descontextualizados, dificulta sobremanera la caracterización de los pigmentos empleados.

Con todo ello, en los fragmentos estudiados ha sido posible diferenciar tres tonos distintos de capa pictórica: blanco, amarillo y marrón. Los análisis efectuados a todos ellos han identificado pigmentos compuestos principalmente por tierras, caracterizados por Mg, Al,

Si y K; en el caso de las muestras de color blanco se ha identificado Ca, como elemento característico del empleo de **blanco de cal** y, en el caso de las muestras de color amarillo y marrón se ha identificado Fe, caracterizando nuevamente el uso de una **tierra rica en oxihidróxidos de hierro**.



Figura 75: Fotografías tomadas mediante microscopio estereoscópico donde se aprecia la similitud del aspecto entre ambas capas pictóricas. Muestra MIR2 Amarillo, perteneciente a los revestimientos de época emiral de Córdoba (Izquierda). Muestra TA2 Blanco, procedente de los revestimientos de época tardoantigua de *Castulo* (Derecha).

Aglutinantes

El estado de conservación de la capa pictórica no ha permitido tomar muestras para el análisis de sustancias orgánicas. Los aglutinantes que se emplean en época musulmana suelen ser goma arábiga y cola animal y ambos son muy solubles en agua por lo que debido a la degradación de la película pictórica, en el caso de que hubiera sido posible coger muestras para la identificación de aglutinantes es probable que en éstos no se hubiera identificado ninguna sustancia orgánica atribuible al empleo de aglutinante.

Por otro lado, observando las características que presenta la capa pictórica y los análisis elementales efectuados mediante SEM-EDX no se podría descartar el empleo de una técnica muy próxima al fresco para la ejecución de estos revestimientos.

3.3.2.3.- Discusión de resultados

Los revestimientos analizados de época emiral presentan claras diferencias con el resto de revestimientos hasta ahora estudiados.

En primer lugar, se identifica sólo un estrato de mortero y de un espesor mucho mayor. En éste, de un color blanco bastante puro debido a la elevada proporción de calcita en su composición, no se aprecian restos de cerámica machacada o de paja como aditivo. Por otro lado, el árido que constituye el mortero es irregular y de pequeña granulometría siendo, como se ha indicado, mayoritariamente calcita.

En cuanto al aspecto de la capa pictórica, se asemeja bastante al de los revestimientos castulonenses de época tardoantigua. En este sentido, el estado de conservación de la

misma en ambos casos es muy degradado, presentando el color de manera discontinua y pulverulento; si bien, en este caso, la gama cromática es mucho más reducida que en las pinturas de *Castulo*. Otra semejanza entre ambos revestimientos reside en el hecho de ser pinturas que no han sido espatuladas, por lo que el árido del mortero se distribuye de manera homogénea apreciándose, muchas veces, a nivel de la superficie.

Por otro lado, a pesar de que no ha sido posible tomar muestras para la identificación de sustancias orgánicas, los análisis elementales efectuados mediante SEM-EDX, la composición del mortero, siendo la calcita el elemento mayoritario, y las características que presenta la capa pictórica permiten suponer el empleo del fresco como técnica de ejecución de estos revestimientos.

Finalmente, como ya se indicó en el capítulo anterior, las construcciones de etapa emiral documentadas presentan un alto nivel de destrucción y deterioro, por lo que resulta sumamente difícil realizar un estudio en profundidad de su decoración parietal (Orihuela, 2007; Rallo Gruss, 2003), por lo tanto no ha sido posible comparar estos revestimientos con otros coetáneos y establecer, de ese modo, semejanzas o diferencias.

3.3.3.- Pinturas murales de época califal: Hospital Reina Sofía

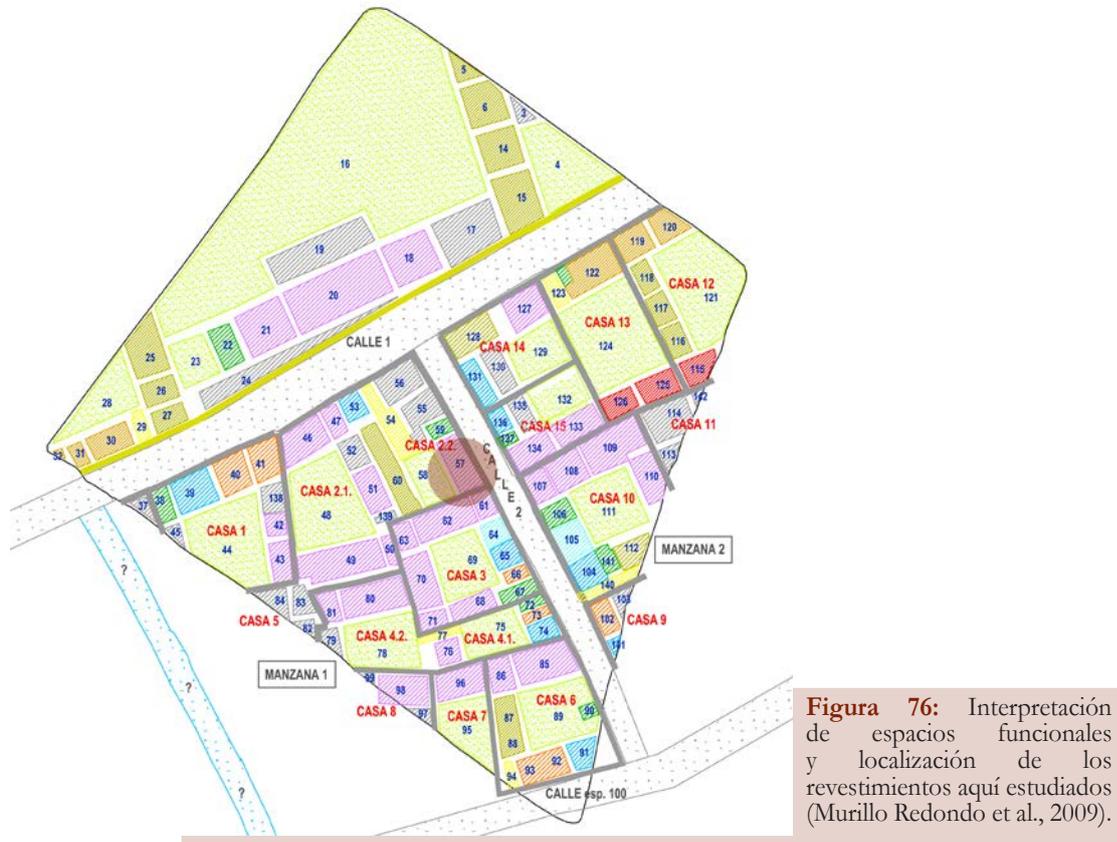
El último de los revestimientos estudiados de la localidad cordobesa corresponde a una pintura mural de época califal. Como ya se ha señalado, con estos revestimientos se continúa con el estudio de las pinturas murales de los primeros periodos medievales. Además, viene a completar la información obtenida previamente por el equipo de investigación de los revestimientos murales de época califal en el citado entorno geográfico.

3.3.3.1.- Contextualización de los fragmentos

Las pinturas murales analizadas proceden de la intervención arqueológica llevada a cabo dentro del plan de ampliación del Hospital Universitario Reina Sofía y la construcción de un Centro de Investigación Biomédica de la Universidad de Córdoba, en la que se documentó un sector de arrabal islámico cuyas estructuras más antiguas datan del periodo emiral.

Dentro del sector 2 de dicha intervención arqueológica se distinguen dos manzanas; en la primera de ellas destaca la casa nº2, de época califal, que presenta unas características que hacen pensar que se trata de la unión de dos viviendas. De esta forma, a partir del pasillo por el que se accede desde la calle se distribuirían, al este, los espacios de la vivienda propiamente dicha y, al oeste, una zona de servicio o de tipo industrial o artesanal. La primera zona contaría con un gran patio entorno al cual se distribuirían salones y alcobas mientras; la segunda, a su vez, contaría también con otro patio a través del cual se accedería al espacio documentado como nº57, al que pertenecen los revestimientos aquí estudiados (Fig. 76). Éste, que en un primer momento habría funcionado como zaguán, se transformaría en un salón-alcoba con pavimento de losas de ladrillos y pinturas murales decoradas con motivos

geométricos en tonos blanco y almagra (Murillo Redondo, Casal García, Cánovas Ubera, García Matamala & Salinas Pleguezuelo, 2009).



3.3.3.2.- Caracterización de materiales

En el caso de las pinturas murales procedentes de la excavación de Hospital Reina Sofía, se han analizado un total de 17 muestras (tabla 16).

Tipo de análisis		Nº de muestras
Difracción de rayos X		2
Estudios analíticos de los morteros	Aglomerante/árido	3
	Estudio granulométrico	3
Muestra sin preparar	Microscopio estereoscópico	9
	SEM	5
Lámina delgado-pulida	Microscopio óptico	2
	SEM	2
Aglutinantes		1

Tabla 16: Tabla resumen de los diferentes análisis efectuados y número de muestras que se han estudiado en cada tipo de análisis.

Morteros

Nuevamente en estos revestimientos con el primer análisis visual efectuado ha sido posible distinguir un solo estrato de mortero, cuyo grosor varía entre 2 y 3 cm. Al igual que en los revestimientos de época emiral, tampoco en este caso se aprecia árido a simple vista aunque sí restos de cerámica machada, que otorgan al mortero un tono un poco más rosado, además de pequeños nódulos de cal. En esta ocasión sí es posible diferenciar la impronta dejada por la adición de paja al mortero (Fig. 77).



Figura 77: Grosor del mortero de uno de los fragmentos pertenecientes a los revestimientos califales de la excavación de Hospital Reina Sofía.

Los difractogramas obtenidos han caracterizado un mortero compuesto exclusivamente por calcita y cuarzo, reflejando un porcentaje de la primera mucho mayor que en el resto de las muestras analizadas en esta tesis doctoral (Tabla 17). El ensayo efectuado para establecer la relación entre aglomerante y árido corrobora también estos resultados, presentando un porcentaje de CaCO_3 del 90% (Tabla 18).

Evidentemente este porcentaje no puede atribuirse sólo a la cal empleada como aglomerante. El análisis de la distribución granulométrica manifiesta, al igual que en los revestimientos de época emiral, un árido de granulometría muy fina que no supera, en su mayoría, 0.8 mm de diámetro (Tabla 18); por otro, los análisis elementales de SEM-EDX efectuados a las muestras preparadas en lámina delgada identifican Ca en alguno de los áridos empleados. De todo ello se deduce el empleo de una calcita muy pura como árido, que completaría al de naturaleza silíceo ya caracterizado mediante la difracción de rayos X.

Estrato de mortero		Calcita	Cuarzo
1º Str	Promedio	93.76%	6.25%
	DS	0.18	0.18

Tabla 17: Valores promedio y desviación estándar de los porcentajes de cada tipo de árido obtenidos en los análisis realizados por difracción de rayos X.

MHRSAA (1,2,3)	Muestras empleadas para el estudio de la proporción aglomerante-árido
P1:3 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:3
P1:2 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:2
P1:1 (1,2,3)	Mortero realizado con una proporción de aglomerante-árido de 1:1
MHRS (1,2,3)	Muestras empleadas para el estudio granulométrico

Tabla 18: Muestras empleadas en el ensayo de precipitación tras ataque con ácido y en el estudio de distribución granulométrica.

Pigmentos

La paleta empleada en la pintura de época califal se caracteriza, principalmente, por el predominio de la bicromía almagra-blanco, aunque en ocasiones es posible encontrar otros tonos como ocre o negro (García Bueno & Medina Flórez, 1997; Torres Balbás, 1942). Estos revestimientos son el claro ejemplo del empleo de dicha bicromía.

En el caso de los rojos, el análisis elemental realizado mediante SEM-EDX ha identificado Fe, Al, Si y K como elementos característicos, de lo que se deduce el empleo de una tierra roja como pigmento. Dicha tierra, en este período, recibe tradicionalmente el nombre de **almagra** y está compuesta por silicatos ricos en óxidos de hierro del tipo de las hematites (Rallo Gruss, 1999). Según la pureza de la misma y el grado de oxidación de los óxidos de hierro su color puede variar, comprendiendo desde un rojo anaranjado hasta un rojo más pardo. En este caso, se trata de un rojo oscuro.

En cuanto al color blanco, el análisis elemental ha identificado Ca, Al, Si y K. En este caso, siguiendo la técnica habitual en esta época, el blanco corresponde al propio mortero, ya que se preservan sin pintar las zonas del esquema decorativo que se destinan a ese color (García Bueno, 2000).

Aglutinantes

Los análisis efectuados para la identificación de sustancias orgánicas en el caso de las pinturas murales de época califal no ha evidenciado el empleo de ningún aglutinante.

El análisis de IR no ha detectado materiales filmógenos naturales ni ácido oxálico; a su vez, la tinción con negro amido no ha resultado positiva. Por otro lado, el análisis cromatográfico ha evidenciado solo glicerina, metabolitos ácidos, glucosa y trazas de ácidos grasos y de hidroxidehidroabiético, que responden a la acción de microorganismos, a excepción del último que procede de la degradación oxidativa de resinas de pino, si bien aparece en muy baja concentración.

Al igual que en el resto de revestimientos aquí estudiados, estos resultados negativos junto con el aspecto que presentan las pinturas y el alto contenido en CaCO_3 que muestran tanto el soporte como la superficie pictórica hacen pensar en el empleo de la técnica al fresco o de un

temple a la cal para su ejecución, aunque sin descartar el empleo de aglutinante para facilitar la aplicación del pigmento y que éste no se haya perdido por su alta solubilidad.

3.3.3.3.- Discusión de resultados

Tras el análisis de los revestimientos procedentes de la excavación de Hospital Reina Sofía se puede afirmar que, si bien difieren de los revestimientos de época romana y tardorromana en muchos aspectos, sin embargo coinciden en características técnicas con otros revestimientos califales analizados previamente por el grupo de investigación procedentes de *Madīnat Ilbīra*, *Madīnat al-Zabrā* o Arrabales de Poniente (García Bueno, 2000; García Bueno & Medina Flórez, 2002).

En este sentido, las pinturas murales aquí analizadas presentan un solo estrato de mortero de cal en el que se ha empleado, como árido, cuarzo y una calcita muy pura. Este aspecto es muy recurrente en la pintura mural califal, encontrándose en los revestimientos ya citados. Asimismo, las pinturas procedentes de la excavación de Hospital Reina Sofía presentan paja como aditivo, repitiendo nuevamente las características ya comprobadas en los otros revestimientos coetáneos estudiados previamente por nuestro grupo.

Por otro lado, la capa pictórica está compuesta por almagra y blanco, siendo este último color el del mortero que ha sido preservado sin pintar. Este método ha sido empleado también en la ejecución de las pinturas de *Madīnat al-Zabrā* y de Arrabales de Poniente; por el contrario, en los revestimientos de *Madīnat Ilbīra* el blanco, aun correspondiendo también al mismo mortero, se obtuvo a través de una técnica similar al esgrafiado.

En cuanto a la técnica pictórica, en los revestimientos aquí estudiados, dado que los análisis de sustancias orgánicas han sido negativos y teniendo en cuenta las características de la pintura y del resto de análisis efectuados, se puede deducir una ejecución mediante la técnica al fresco. Si bien en los revestimientos de *Madīnat Ilbīra* y de Arrabales de Poniente se identificó goma arábiga, en las pinturas murales de *Madīnat al-Zabrā* no se identificó ningún aglutinante (Rallo & Parra, 1998), por lo que tampoco es de extrañar que las pinturas procedentes de la excavación de Hospital Reina Sofía estén ejecutadas simplemente al fresco. La adición de goma arábiga, muy viscosa a baja proporción, se podría emplear para que el pigmento no decantase rápidamente al ser mezclado con el agua para su aplicación, aunque la fijación del mismo se realizaría por la carbonatación de la cal del mortero. Nuevamente, al igual

que los revestimientos de *Madīnat al-Zabrā*, los aquí estudiados presentan la superficie pulida, por lo que se habría empleado la técnica de las *politiones*, ya utilizada en época romana (Fig. 78).



Figura 78: Muestra HRS2 Rojo preparada en lámina delgada y vista mediante microscopía óptica donde se aprecia la capa pictórica espatulada.

Finalmente, en lo que se refiere al esquema decorativo estas pinturas también se encuadran dentro de la norma general descrita por Murillo Redondo, Fuertes y Luna (1999) según la cual la casa de período califal presenta su decoración sólo en zócalos, siendo ésta de color almagra y presentando motivos decorativos muy sencillos.

El primer punto a tener en cuenta para analizar la evolución de la técnica en función de los revestimientos aquí estudiados es la semejanza que éstos presentan con obras coetáneas. Tras el examen realizado de los cinco revestimientos objeto de estudio de esta tesis doctoral se deduce que no existen grandes diferencias entre pinturas murales de la misma época pero emplazadas en lugares distintos, hablando siempre de un contexto geográfico cercano, por lo que es posible contribuir al conocimiento de la evolución de la técnica de la pintura mural desde la Antigüedad hasta la Edad Media a partir de los revestimientos aquí presentados, los castulonenses y los de Córdoba (de Parque Infantil de Tráfico, Miraflores y Hospital Reina Sofía), y los anteriormente estudiados por el grupo de investigación, como los procedentes de Guadix, *Qusayr 'Amra*, *Madīnat Ilbīra*, Arrabales de Poniente y de *Madīnat al-Zabrā* (García Bueno, 2000).

Para realizar el estudio comparativo se expondrán las características principales de cada una de las pinturas seleccionadas agrupándolas cronológicamente, y se procederá a su posterior comparación. En el caso del análisis de los morteros, se prestará especial atención a los últimos 2 cm de espesor; ello supondrá en ocasiones analizar tres estratos de mortero, como por ejemplo en las pinturas de época romana, o sólo un estrato de mortero, como en las tardoantiguas.

En primer lugar, en la pintura mural de **época romana** (Tabla 19) es importante señalar que tanto en el caso de Córdoba como de Guadix sólo se ha tenido acceso a fragmentos descontextualizados, lo que influye sobre todo en el estudio de los morteros. Aunque para el análisis comparativo se preste mayor atención a los 2 cm más superficiales de mortero, como se acaba de indicar, cabe destacar que en las pinturas murales de *Castulo* se ha reconocido un total de cuatro estratos, al igual que un sistema de agarre con incisiones en forma de espiga entre el primero y el segundo de ellos.

Analizando la zona más superficial se documentan, tanto en los morteros de *Castulo* como en los de Córdoba, tres estratos de mortero, mientras que en los procedentes de Guadix sólo dos; dichos estratos disminuyen de espesor conforme se acercan a la superficie. Por otro lado, según los análisis realizados de difracción de rayos X, en todos los casos el mortero está compuesto por calcita como elemento aglomerante, acompañado de dolomita y distinto árido de naturaleza silíceo entre el que destaca el cuarzo. En cuanto a la relación entre el aglomerante y el árido, en los tres revestimientos se registra un aumento de la proporción de calcita en los estratos más superficiales; de esta manera, el porcentaje de calcita identificada en el enlucido o *intonachino* oscila entre el 40% y el 60%. En referencia al tamaño de árido, su granulometría también disminuye conforme se acerca a la superficie, siendo en el caso de las pinturas de Córdoba de un tamaño un poco menor al de los otros dos revestimientos. Finalmente, en cuanto a aditivos del mortero se refiere, sólo en las pinturas murales de *Castulo* se ha registrado el uso de paja para darle mayor plasticidad.

Por otro lado, los tres revestimientos muestran la paleta romana indicada por autores clásicos

como Plinio y Vitruvio. Si bien en la pintura procedente de la excavación del Parque Infantil de Tráfico solo se han analizado muestras de color rojo (como ya se ha explicado, por ser el color predominante en los revestimientos de *Castulo* así como en las decoraciones de época posterior), en diversas publicaciones se referencia la riqueza de su paleta empleada. Ésta coincide con la identificada en los revestimientos de la Sala del Mosaico de los Amores así como en los fragmentos procedentes de la excavación de Guadix, formada por pigmentos como *Ocrhae*, a base de oxi-hidróxidos de hierro, *Rubricae*, compuesta por hematites, *Caeruleum aegyptium*, azul egipcio, o *Creta veridis*, tierra verde, entre otros.

Finalmente, en cuanto a la técnica de ejecución y al acabado que presenta la superficie, los tres revestimientos han sido ejecutados al fresco y siguiendo la técnica de las *politiones*, es decir, el sucesivo pulido de la superficie que facilita la recarbonatación de la misma además de otorgar un acabado brillante y de aspecto ceroso. En el caso concreto de las pinturas de *Castulo* se ha documentado también zonas que presentan un acabado más áspero, debido a la aplicación del pigmento a seco, seguramente con un temple de cal. Los análisis de sustancias orgánicas que se han realizado a las tres pinturas no han dado resultados concluyentes, indicando un posible uso de sustancias orgánicas en los revestimientos de *Castulo* y de Córdoba que se podrían haber añadido al temple de cal; en el caso de los revestimientos castulonenses podría haber sido huevo o un aceite saponificado, mientras que en el caso de las pinturas de Córdoba además de esas dos opciones se podría haber incluido una cola animal.

Debido a la escasez de pintura mural de **época tardoantigua** en el contexto geográfico contemplado, los únicos revestimientos que se han estudiado de esta cronología son los revestimientos procedentes del Conjunto Arqueológico de Cástulo (Tabla 20).

Estos revestimientos presentan claras diferencias con las pinturas murales de época romana. En primer lugar, el soporte evidencia un cambio considerable: frente a los cuatro estratos que se identifican en las pinturas murales castulonenes de época romana, las tardoantiguas solo presentan un estrato de mortero y de un grosor que oscila entre 1 y 1.5 cm. Los resultados obtenidos mediante difracción de rayos X no muestran diferencia alguna en la composición del mortero con los revestimientos romanos, identificándose calcita como aglomerante y dolomita, cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y moscovita como árido, sí se registran diferencias en los porcentajes de calcita; en este sentido, los revestimientos tardoantiguos presentan un porcentaje de CaCO_3 del 25% aproximadamente, siendo los que menor proporción de calcita presentan de todos los revestimientos murales aquí estudiados. Por otro lado, el árido que constituye el mortero es de una granulometría intermedia y, en este caso, el mortero no presenta paja como aditivo. Al igual que en los revestimientos romanos, también en estos se ha documentado un sistema de agarre del mortero con el muro, realizado a través de incisiones en el mortero en forma de espiga.

Para su ejecución se ha empleado la misma paleta utilizada en época romana aunque más reducida, presentando menos colores y sin variar las tonalidades de los mismos, siendo siempre tintas planas. Para el color blanco se ha respetado el tono de fondo; en este sentido es posible que se extendiera una lechada de cal sobre todo el mortero que sirviera de base para la decoración. Al igual que en las pinturas murales romanas, también aquí se ha seguido la técnica al fresco con algunas zonas ejecutadas al seco probablemente con temple de cal, aunque esta vez sin la posible adición de ninguna sustancia orgánica. Finalmente, otra de las

diferencias que presentan con los revestimientos de época anterior es que la superficie no está espatulada, lo que conlleva que el árido esté distribuido de manera más homogénea y que la superficie, por lo tanto, quede más rugosa.

	Mortero	Pigmentos	Aglutinantes y técnica de ejecución
Castulo (romanas)	3 estratos de mortero*	Paleta romana	Fresco con algunas zonas al seco con temple de cal y posible adición de huevo o aceite saponificado
	Composición: C,Q,D,F,P,M		
	Aglomerante-árido: aumenta la proporción en estratos más superficiales. <i>Intonachino</i> : 55% aprox.		Pulido de la superficie
	Granulometría: árido grueso, disminuye en estratos más externos		
	Aditivos: paja		
Parque Infantil de Tráfico	3 estratos de mortero	Paleta romana	Fresco con algunas zonas al seco con temple de cal y posible adición de huevo, cola animal o aceite saponificado
	Composición: C,Q,D,F,P,M		
	Aglomerante-árido: aumenta la proporción en estratos más externos. <i>Intonachino</i> : 60% aprox.		Pulido de la superficie
	Granulometría: árido intermedio, disminuye en estratos más externos		
	Aditivos: ninguno		
Guadix	2 estratos de mortero	Paleta romana	Fresco. Posibles zonas al seco con temple de cal
	Composición: C,Q,D,M		
	Aglomerante-árido: aumenta la proporción en estratos más externos. <i>Intonachino</i> : 40% aprox.		Pulido de la superficie
	Granulometría: árido grueso, disminuye en estratos más externos		
	Aditivos: ninguno		

Tabla 19: Características principales de los revestimientos de época romana estudiados para el análisis de la evolución de la técnica de la pintura mural.

* Teniendo en cuenta sólo los dos centímetros más externos del mortero, sin embargo se han reconocido hasta cuatro estratos de mortero.

	Mortero	Pigmentos	Aglutinantes y técnica de ejecución
Castulo (tardoantiguas)	1 estrato de mortero	Paleta romana más reducida	Fresco con algunas zonas al seco con temple de cal
	Composición: C,Q,D,F,P,M		
	Aglomerante-árido: 25% aprox. de calcita	Blanco propio del mortero, reservando las zonas de ese color sin pintar	No está pulida la superficie
	Granulometría: árido intermedio		
	Aditivos: ninguno		

Tabla 20: Características principales de las pinturas de época tardoantigua.

Para poder realizar el estudio de la evolución de la técnica de la pintura mural desde la Antigüedad hasta la Edad Media y ver si la técnica de ejecución de la pintura hispanomusulmana tiene su origen en una tradición local o, por el contrario, es importada desde oriente, es necesario analizar algún revestimiento situado geográficamente allí y, a ser posible, del primer periodo de arte musulmán. Gracias a los trabajos previos del grupo de investigación ha sido posible analizar los materiales y la técnica de ejecución empleados en las pinturas murales de *Qusayr 'Amra*, localizadas en el desierto de Jordania (García Bueno, 2000; Medina Flórez & García Bueno, 2002) (Tabla 21).

Estas pinturas, datadas en el siglo VIII, presentan en general dos estratos de mortero, el primero de ellos empleado para nivelar la superficie. Se han reconocido dos sistemas de agarre distintos: por un lado, guijarros con tamaño y distribución homogénea; por otro, un rallado en espiga al igual que sucede en los revestimientos romanos y tardoantiguos de *Castulo*. En cuanto a la composición del mortero, los análisis de difracción de rayos X han identificado calcita, cuarzo y feldespato; la calcita presenta unas proporciones que oscilan entre un 75% y un 95%, por lo que se estima que no solo se usaría como aglomerante, sino también como árido. Al igual que sucede en los revestimientos romanos de *Castulo*, el mortero de *Qusayr 'Amra* presenta, nuevamente, adición de paja.

En cuanto a la paleta empleada, también en estos revestimientos es muy variada y parecida a la paleta romana, aunque con algunas variaciones. En este sentido, como pigmento azul se ha identificado lapislázuli, en lugar del azul egipcio caracterizado en los revestimientos romanos; del mismo modo, se ha documentado el uso de oropimente como pigmento amarillo. Finalmente, la técnica de ejecución podría haber sido al fresco; si bien se ha identificado goma arábiga en la superficie, se cree que su uso estaría destinado a facilitar la aplicación del pigmento mezclado con agua, pero no como aglutinante final. Se ha reconocido también un posible espatulado de la superficie con una técnica equivalente a las *politiones*.

A la misma cronología, pero localizadas en el contexto geográfico que se analiza en esta tesis doctoral, pertenecen los revestimientos murales de **época emiral** de la excavación cordobesa de Miraflores (Tabla 22). Estas pinturas representan un punto intermedio entre los revestimientos de época romana y los de tradición oriental como *Qusayr 'Amra*, así como con los revestimientos de época califal que le sucederán.

En este sentido, se ha identificado un solo estrato de mortero, de un espesor que en ocasiones alcanza los 3 cm. Los análisis de difracción de rayos X han caracterizado calcita y cuarzo como elementos mayoritarios, mientras que la dolomita y el resto de áridos identificados en las pinturas murales romanas aparecen ya en muy pequeña proporción. La proporción de calcita ha ascendido hasta un 85% si bien, al igual que sucede en los morteros de *Qusayr 'Amra*, ésta responde tanto al aglomerante empleado como a una porción de árido. En los revestimientos de época emiral la granulometría del árido vuelve a disminuir, no identificándose árido superior a 0.8 mm de diámetro. Al contrario de lo que sucede en las pinturas de *Qusayr 'Amra*, estos revestimientos no presentan adición de paja.

En cuanto a la capa pictórica, se han identificado pigmentos típicos en la paleta romana, aunque la gama cromática se ha visto reducida a tres tonos, adelantándose a la bicromía que será común en periodos posteriores. Los pigmentos caracterizados han sido el blanco de cal

y tierras ricas en óxidos y oxi-hidróxidos de hierro. Por otro lado, el acabado de la superficie recuerda mucho al acabado que presentan las pinturas murales de época tardoantigua de *Castulo*, una superficie sin espatular en la que el árido se distribuye de manera homogénea, distinguiéndose en la superficie de la capa pictórica. Finalmente, se debe señalar que el estado de conservación de estos revestimientos, con escasísimos restos de policromía conservada, no ha permitido realizar un estudio de aglutinantes con resultados fiables, por lo que es imposible determinar si se trata de una pintura al fresco muy degradada o, por el contrario, fue realizada al temple y el aglutinante igualmente se encuentra completamente deteriorado.

	Mortero	Pigmentos	Agglutinantes y técnica de ejecución
Qusayr 'Amra	2 estratos de mortero	Paleta romana con modificaciones (lapislázuli, oropimente)	Fresco con adición de goma arábica
	Composición: C,Q,F,		
	Agglomerante-árido: 75-95% de calcita*		Pulido de la superficie
	Aditivos: paja		

Tabla 21: Características principales de las pinturas de *Qusayr 'Amra*

* Dicho porcentaje se debe tanto al aglomerante como a una parte de árido de naturaleza carbonática.

	Mortero	Pigmentos	Agglutinantes y técnica de ejecución
Miraflores	1 estrato de mortero	Tres pigmentos de la paleta romana	Fresco
	Composición: C,Q (D,F,P,M en menor proporción)		
	Agglomerante-árido: 85% de calcita*		No está pulida la superficie
	Granulometría: árido fino		
	Aditivos: ninguno		

Tabla 22: Características principales de las pinturas de época emiral de la excavación de Miraflores.

* Dicho porcentaje se debe tanto al aglomerante como a una parte de árido de naturaleza carbonática.

Finalmente, el último periodo analizado es la **época califal** (Tabla 23), para la que se han estudiado las pinturas murales de la excavación de Hospital Reina Sofía, así como las ya analizadas por el grupo de investigación como las pinturas de *Madinat Ilbira*, Arrabales de Poniente y de *Madīnat al-Zabrā* (García Bueno, 2000).

Los revestimientos analizados no presentan una regla fija en cuanto al número de estratos de mortero se refiere, siendo siempre el más externo de un grosor considerable; sin embargo, sí se asemejan en su composición, siendo la calcita el elemento mayoritario, alcanzando una proporción del 90%. Dicho porcentaje de calcita se atribuye nuevamente a su empleo como aglomerante y como árido. Junto a ella se ha identificado cuarzo y, en ocasiones, dolomita y filosilicatos, aunque siempre en muy baja proporción, como ya se ha documentado en los revestimientos emirales. Ello da como resultado un mortero muy blanco donde el árido es casi imperceptible, al igual que sucede en el último estrato de mortero en las pinturas de *Qusayr 'Amra* (Fig. 79). También se ha documentado en todos la presencia de paja, nuevamente repitiendo la situación de *Qusayr 'Amra* al igual que en las pinturas de época romana de *Castulo*.

En cuanto a la policromía, todas las pinturas de esta época presentan una bicromía almagra y blanco, siendo este último el propio mortero. En este sentido, en las pinturas de *Madīnat Ilbīra* se extiende una capa de color rojo sobre todo el mortero que después se elimina en aquellas zonas donde se desea obtener el blanco, mientras que en el resto de las pinturas se mantienen sin pintar aquellas zonas destinadas a dicho color, al igual que sucede en las pinturas tardoantiguas de *Castulo*.

Por último, en cuanto a la técnica de ejecución vuelve a haber diversidad entre los revestimientos. Si bien en todos ellos la acción de la recarbonatación de la superficie ha contribuido a la fijación del pigmento, en *Madīnat Ilbīra* y en Arrabales de Poniente se ha identificado goma arábiga como aglutinante, mientras que en los revestimientos procedentes de la excavación de Hospital Reina Sofía y de *Madīnat al-Zabrā* no ha sido así, sin embargo no se puede descartar por completo su uso solo o combinado con un temple a la cal. Por otro lado, salvo las pinturas procedentes de Arrabales de Poniente, todas presentan una superficie pulida como sucedía en los revestimientos de época romana y en las pinturas murales de *Qusayr' Amra*.

	Mortero	Pigmentos	Agglutinantes y técnica de ejecución
<i>Madīnat Ilbīra</i>	2 estratos de mortero	Bicromía	Fresco con adición de goma arábiga Cola animal en policromía roja**
	Composición: C (Q en poca proporción)		
	Agglomerante-árido: 90-96% calcita*	Blanco del mortero por eliminación de la capa de color rojo	Pulido de la superficie
	Granulometría: árido muy fino, disminuye en el estrato más externo		
Aditivos: paja			
Hospital Reina Sofía	1 estrato de mortero	Bicromía	Fresco o temple a la cal
	Composición: C (Q en poca proporción)		
	Agglomerante-árido: 90% aprox. de calcita*	Blanco reservando la zona a pintar	Pulido de la superficie
	Granulometría: árido fino		
Aditivos: paja			
Arrabales de Poniente	1 estrato de mortero	Bicromía	Goma arábiga reforzada por recarbonatación
	Composición: C,Q (D, en muy pequeña proporción)		
	Agglomerante-árido: 90% aprox. de calcita*	Blanco reservando la zona a pintar	No está pulida la superficie
	Granulometría: árido fino		
Aditivos: paja			
<i>Madīnat al-Zabrā</i>	2 estratos de mortero	Bicromía	Fresco o temple a la cal
	Composición: C,Q,M		
	Agglomerante-árido: 90% aprox. en último estrato*	Blanco reservando la zona a pintar	Pulido de la superficie
	Granulometría: árido fino		
Aditivos: paja			

Tabla 23: Características principales de las pinturas de época califal estudiadas para el análisis de la evolución de la técnica de la pintura mural.

* Dicho porcentaje se debe tanto al aglomerante como a una parte de árido de naturaleza carbonática.

** La cola animal podría deberse a una restauración posterior.



Figura 79: Muestras procedentes de *Qusayr 'Amra* (A), *Madīnat Ilbīra* (B), Arrabales de Poniente (C), *Madīnat al-Zabrā* (D) y Hospital Reina Sofía (E) preparadas en láminas delgadas y vistas mediante microscopía óptica.

Una vez revisados los resultados del estudio realizado es posible observar una cierta tendencia en la evolución de la pintura que responde tanto a una tradición local como a una importación desde oriente.

En primer lugar, se observa una disminución en el número de estratos de mortero que conforman el soporte de la pintura; frente a los cuatro estratos que presentaban las pinturas murales de época romana de *Castulo*, la mayoría de las pinturas de época califal presentan un solo estrato. Por consiguiente, el espesor del último estrato aumenta, no encontrándose en los revestimientos califales un enlucido de milímetros de espesor como ocurría con el *intonachino* romano, favoreciendo y alargando así el proceso de secado y, por tanto, la carbonatación.

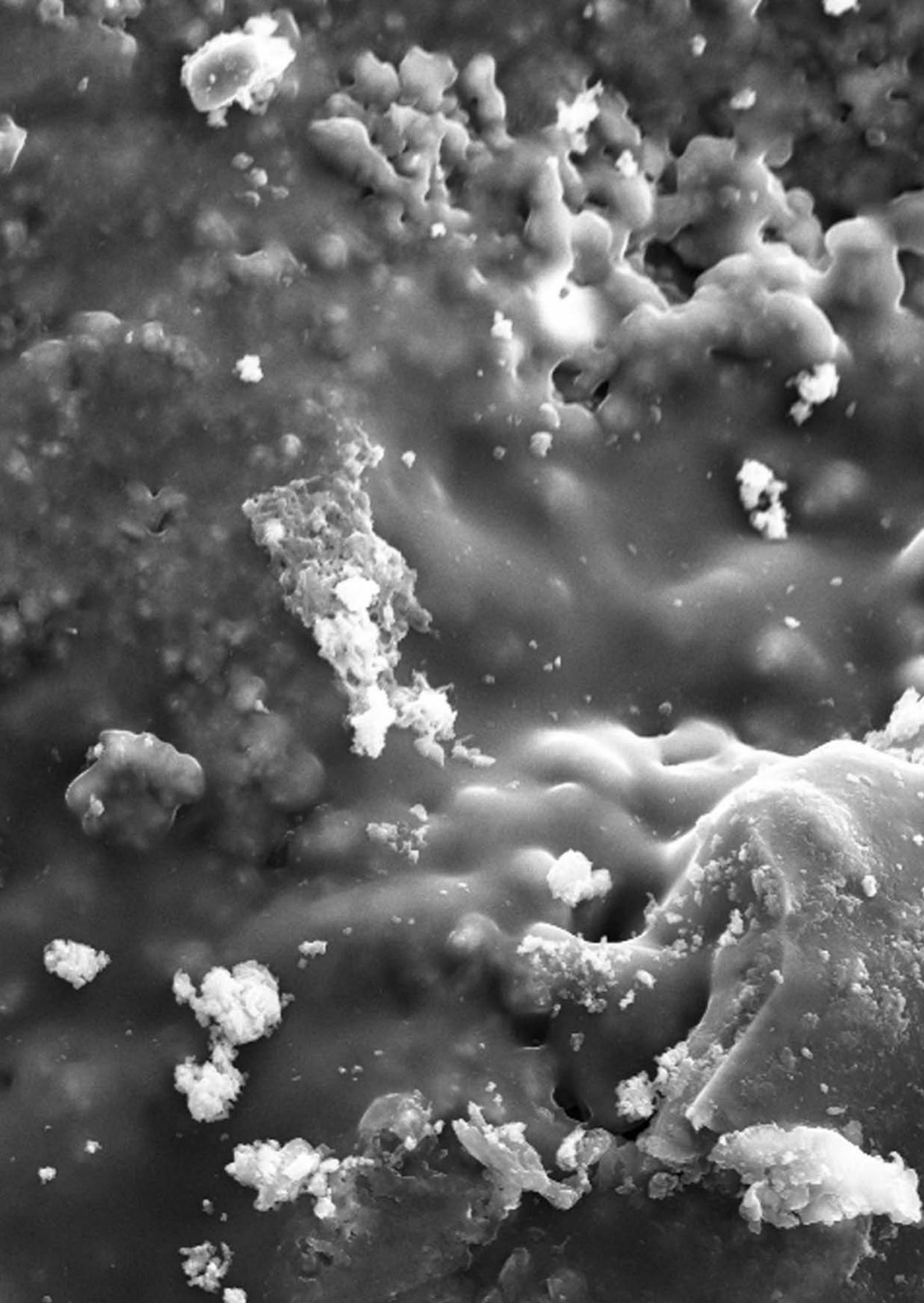
Por otro lado, el porcentaje de calcita aumenta, encontrando su uso tanto como aglomerante como de árido. El empleo de árido de naturaleza silíceo, por lo tanto, disminuye. Dicha situación, junto con la disminución a su vez de la granulometría del árido empleado, da como resultado un mortero mucho más blanco, como el que se puede apreciar en las pinturas murales de *Qusayr 'Amra* que después será lo común en los revestimientos hispanomusulmanes, por lo que se podría atribuir a una influencia de la técnica oriental.

En cuanto a la paleta cromática empleada, se encuentra gran semejanza entre la usada en el mundo romano y la del mundo oriental, ejemplificada en *Qusayr 'Amra*, aunque se han registrado algunos pigmentos como el lapislázuli y el oropimente que no se habían identificado en las pinturas de época romana aquí estudiadas. Asimismo, se documenta una disminución en la gama cromática empleada en la península conforme avanza la cronología: las pinturas de época tardoantigua ya muestran menor diversidad de tonalidades que las pinturas romanas, ésta disminuye todavía más en los revestimientos emirales para concluir en la bicromía de época califal, donde se documenta el empleo del mortero sin pintar como color blanco, al igual que sucede en las pinturas tardoantiguas aquí estudiadas.

A su vez, se percibe un mayor uso de aglutinantes orgánicos en épocas más tardías. Si bien en todas las épocas el pigmento se fija, prioritariamente, con la carbonatación de la cal y se estima el uso de sustancias orgánicas, mientras que en época romana el fresco era la principal técnica de ejecución y las sustancias orgánicas, de difícil identificación debido a su degradación, se añadirían junto a un temple a la cal, en época califal en ocasiones, como en Arrabales de Poniente, es el aglutinante orgánico el que fija el pigmento, viendo reforzada su acción por la recarbonatación de la superficie.

Finalmente, tanto la adición de paja al mortero como el pulido de la superficie no siguen

un patrón fijo en su aplicación, presentándose, o no, en pinturas de la misma época y del mismo contexto geográfico. En el primero de los casos, el análisis de las pinturas aquí estudiadas ha evidenciado que el uso de la paja como aditivo no se registra solamente en pinturas hispanomusulmanas, por lo que no se puede considerar una influencia oriental como se había pensado anteriormente (García Bueno, 2000). En el segundo de los casos, el pulido de la superficie parece perderse en la península ibérica después de época romana, no encontrándose en época tardoantigua ni emiral pero sí en algunos casos de pintura califal y en los correspondientes a los últimos períodos de arte hispanomusulmán; dado que en las pinturas de *Qusayr 'Amra* sí se registra el pulido de la superficie, se plantea la hipótesis de que dicho aspecto de la técnica se perdiera en la península después de época romana y que, por tanto, su utilización en época hispanomusulmana pueda ser consecuencia de una influencia oriental.





CAPÍTULO 4

ENSAYOS DE TRATAMIENTOS



Imagen tomada mediante HRSEM de la muestra PIT3 procedente del revestimiento de época romana de Córdoba y consolidada con Paraloid B-72.

ENSAYOS DE TRATAMIENTOS

En este capítulo se tratará la segunda de las problemáticas planteadas en esta tesis doctoral, la referente a la dificultad que presenta la conservación e intervención de revestimientos murales de procedencia arqueológica.

Tal y como se ha expuesto en la introducción, el material arqueológico permanece durante siglos en condiciones de conservación muy adversas aunque estables. En el momento de su extracción, el equilibrio en el que se ha mantenido durante todo ese tiempo se rompe, lo que acelera los procesos de alteración y deterioro. Todo ello debilita en gran medida la estabilidad de la obra ocasionando que, en la mayoría de los casos, resulte indispensable la consolidación.

Ejemplo de ello son las pinturas murales objeto de estudio de este trabajo cuyo estado de conservación era semejante aunque con algunas peculiaridades. En todos los casos destacan dos alteraciones principales, el estado pulverulento de la capa pictórica y la descohesión del mortero, aunque el grado de alteración de los mismos varía. En este sentido se puede indicar, en primer lugar, que el deterioro de la capa pictórica resulta más acusado en los revestimientos de época tardoantigua y emiral, habiéndose perdido en ocasiones casi la totalidad del pigmento; en segundo lugar, que los revestimientos romanos de *Castulo* y los de época califal son los que muestran una mayor pulverulencia de la capa pictórica; y, finalmente, que los revestimientos tardoantiguos son los que presentan un mayor grado de fragmentación del soporte. Por todo ello, se ha realizado una revisión bibliográfica orientada a tratamientos de fijación aplicables a revestimientos murales de origen arqueológico, con el fin de analizar los posibles tratamientos a emplear en las pinturas que aquí se presentan; posteriormente, se han realizado ensayos de consolidación sobre fragmentos descontextualizados con aquellos tratamientos que presentaban una mayor idoneidad.

En el caso de los revestimientos castulonenses de época romana, además de los problemas de pulverulencia presentaban, en la zona correspondiente a los grandes paneles rojos, concreciones de carbonatos de una dureza considerable que impedían aplicar cualquier tratamiento de consolidación en la capa pictórica antes de su eliminación. Es por ello que se decidió realizar otra revisión bibliográfica, esta vez encaminada a la eliminación de concreciones de carbonatos, y efectuar ensayos de limpieza también en fragmentos descontextualizados pertenecientes sólo a estos revestimientos, ya que son los que presentaban dicha alteración.

Tanto en el caso de los ensayos de limpieza como en el caso de los de consolidación se ha realizado una evaluación objetiva de los distintos tratamientos. En el caso de los tratamientos de limpieza, debido a que solo se han realizado siete ensayos distintos, los resultados se exponen agrupando la valoración de los distintos aspectos en cada fragmento; de esta forma, en el anexo 3 se contempla una ficha resumen por cada uno de los fragmentos en la que se incluyen las distintas evaluaciones realizadas (documentación fotográfica, cuantificación de la extensión de las concreciones y cuantificación del espesor de la concreción eliminada), además de una tabla con las medidas de color efectuadas con espectrofotómetro. Por el contrario, en el caso de los ensayos de consolidación, debido a que se han evaluado 35 fragmentos, en lugar de detallar en cada fragmento la valoración de los distintos aspectos, se ha realizado la comparación de todos los fragmentos en función de cada aspecto; en el anexo 4 se adjunta una ficha con el test de solubilidad realizado a los 35 fragmentos, otra con los resultados del ensayo de absorción de agua por capilaridad, otra con la evaluación textural y elemental mediante HRSEM y, finalmente, otra con todas las medidas de color efectuadas con espectrofotómetro.

4.1. ENSAYOS DE TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

Son varios los tratamientos posibles para la eliminación de carbonatos en pintura mural arqueológica, así como la forma en la que éstos se pueden aplicar (Del Ordi Castilla, Regidor Ros & Pasías Oviedo, 2010).

En este sentido se puede señalar, por ejemplo, el empleo de soluciones acuosas. Dado que el carbonato cálcico es una sal insoluble ($pK_s = 8.47$), para poder eliminarlo mediante una solución acuosa resulta necesario modificar el pH de la misma, para lo que se podría emplear un ácido, o añadir otras sustancias que interfieran con el carbonato, como una sustancia quelante, siendo ésta, por ejemplo, sal de EDTA- Na_4 o ácido cítrico (Cremonesi, 2012; Mora, Mora & Philippot, 2003). Su aplicación se puede realizar de manera puntual, con la ayuda de un hisopo, o mediante un agente sustentante, esto es, un material sólido cuya función es transportar los disolventes y los reactivos (Cremonesi, 2004a).

Otro de los posibles tratamientos para la eliminación de concreciones de carbonatos son las resinas de intercambio iónico. Éstas son polímeros de cadena muy larga, por lo tanto sustancias insolubles en agua y en la mayoría de los disolventes, que tienen la capacidad de intercambiar determinados iones con una solución con la que esté en contacto, sin que ocasione un cambio físico aparente en este producto. En el caso de la eliminación de carbonatos las resinas de intercambio a emplear son aquellas de carácter catiónico (fuertemente ácidas y débilmente ácidas) (Doménech Carbó & Yúsá Marco, 2007; Matteini, Moles, Oeter & Tosini, 1995).

Asimismo se puede recurrir a la limpieza por ablación con láser, una herramienta cada vez más presente en la limpieza de pintura mural, cuya efectividad ha quedado constatada, por ejemplo, en las pinturas murales del Hipogeo de los Aurelios (Cascoli, Patrizia & Mazzei, 2011) o en los frescos de Antonio de Viterbo (Rigaglia, Romè, Caporossi, Zanini, Brunetto, Di Tullio, Luvidi, Catelli & Mazzeo, 2017).

En esta tesis doctoral se evalúan, sobre fragmentos descontextualizados procedentes de la Sala del Mosaico de los Amores de *Castulo*, aquellos tratamientos de limpieza que mejor resultado ofrecieron en la investigación realizada con anterioridad (López Martínez, 2015). Esta experiencia previa ha permitido realizar un análisis más pormenorizado de los tratamientos ya que al conocer aquellos que mejor resultado ofrecían y su concentración idónea, ha sido posible estudiar con mayor atención otros aspectos como la concentración del agente espesante o el tiempo de actuación. Asimismo, se ha añadido un tratamiento no evaluado anteriormente pero que resulta uno de los más empleados en lo que a eliminación de carbonatos se refiere.

Los siete fragmentos sobre los que se han realizado los ensayos han sido tratados de la misma manera: tras una primera limpieza superficial con una brocha de pelo suave, se ha efectuado una limpieza más en profundidad con bisturí y lápiz de fibra de vidrio; finalmente, se han realizado los ensayos con los distintos tratamientos que se exponen a continuación. Aun

cuando se partía de la experiencia previa y se repetían los tratamientos y concentraciones ya utilizados en trabajos anteriores, en todos los casos se ha comprobado en una pequeña zona que el tratamiento a emplear no resultase demasiado agresivo a la capa pictórica; ésta ha sido protegida además con papel japonés. Asimismo, el tiempo de aplicación de cada tratamiento ha sido estimado de manera individual para cada fragmento, controlando la respuesta de la capa pictórica y aumentando el tiempo de manera progresiva si ésta no mostraba daños.

Finalmente, tal y como se ha indicado en la metodología de esta tesis doctoral, es necesario resaltar dos aspectos en la realización de los ensayos de limpieza. En primer lugar, la heterogeneidad presente en el estado de conservación de los fragmentos; la realización de los ensayos sobre fragmentos descontextualizados en lugar de sobre probetas presenta la ventaja de obtener resultados más cercanos a la realidad aunque, por el contrario, el deterioro se presenta de manera más heterogénea en los distintos fragmentos, dificultando la comparación de los resultados. En segundo lugar, se debe señalar que con los tratamientos de limpieza no se buscaba la completa eliminación de las concreciones de carbonatos, ya que esto habría supuesto una acción demasiado agresiva sobre la capa pictórica, sino el debilitamiento de las mismas de manera que al eliminarlas mecánicamente no se viese afectada la capa pictórica.

4.1.1.- Ensayos de limpieza en los revestimientos romanos de *Castulo*

Los tratamientos de limpieza que se han evaluado se pueden dividir en dos grandes grupos: por un lado, la papeta AB57, uno de los tratamientos más empleados en la eliminación de concreciones de carbonatos en pintura mural pero que no había sido previamente testado en los ensayos que se habían realizado (López Martínez, García Bueno & Medina Flórez, 2017); y, por otro, los tratamientos ya evaluados en los ensayos previos, esto es, sal de EDTA tetrasódica, ácido cítrico (ambos agentes quelantes) y una sustancia tampón. Dado que la forma de aplicación del tratamiento también influye en el resultado final, se ha estimado oportuno analizar la aplicación de cada uno de los tratamientos mediante dos agentes sustentantes distintos, a excepción de la papeta AB57 cuyo agente sustentante viene especificado en la receta original.

Ya se ha indicado anteriormente que para controlar la penetración del tratamiento y proteger la capa pictórica de una acción excesivamente agresiva, o bien si es necesario aumentar el tiempo de aplicación del tratamiento, éste se puede aplicar mediante un agente sustentante (Mora, Mora & Philippot, 2003). Con esta medida se consigue disminuir la difusión del disolvente en el soporte sobre el que se aplica y lograr una mayor localización de la acción sobre la sustancia a eliminar; asimismo, se ralentiza la difusión del disolvente sobre la superficie disminuyendo la posibilidad de que penetre en el soporte e interaccione con otros elementos del mismo (Cremonesi, 2011). Es posible clasificar estos materiales entre soportes y espesantes (Barros García, 2005); bajo soportes se clasifican aquellos agentes sustentantes que no se disuelven en los disolventes o sustancias acuosas empleados, como la pulpa de celulosa, mientras que los espesantes son aquellos que sí llegan a disolverse, como el éter de celulosa. Para los ensayos aquí realizados, como se ha indicado en la metodología, se ha empleado tanto un soporte como un espesante con cada tratamiento, de manera que sea posible evaluar también las ventajas y desventajas que presentan. En el primer caso se

ha escogido pulpa de celulosa por su extendido empleo en la preparación de papetas de limpieza para superficies pétreas y murales, concretamente **Arbocel BC 1000**, mientras que en el segundo, se ha optado por un gel rígido, concretamente **Gellano Kelkogel**, evitando así uno de los mayores inconvenientes del uso de geles como es la posibilidad de que dejen residuos en la superficie (Cremonesi, 2013; Stulik, Miller, Khanjian, Khandekar, Wolbers, Carlson & Petersen, 2004).

En la siguiente tabla (Tabla 24) se muestra la relación entre los fragmentos utilizados en el ensayo y los tratamientos aplicados a cada uno.

Fragmento	Tratamiento	Agente sustentante
Fragmento 01	Papeta AB57	Carboximetilcelulosa
Fragmento 02	Ácido cítrico	Arbocel BC 1000
Fragmento 03	Ácido cítrico	Gellano Kelkogel
Fragmento 04	EDTA	Arbocel BC 1000
Fragmento 05	EDTA	Gellano Kelkogel
Fragmento 06	Sustancia tampón	Arbocel BC 1000
Fragmento 07	Sustancia tampón	Gellano Kelkogel

Tabla 24: Fragmentos empleados en los ensayos de limpieza y tratamiento aplicado a cada uno de ellos.

A continuación se indican las condiciones específicas de la aplicación de cada tratamiento al igual que se señalan las características principales de los productos empleados.

Papeta AB57: En 1974, Paolo y Laura Mora propusieron una receta para facilitar la eliminación de sales insolubles a la que denominaron papeta AB57 consistente en una disolución acuosa de bicarbonato de amonio, bicarbonato de sodio, Desogen y carboximetilcelulosa como agente espesante. Si bien las proporciones pueden variar, la receta inicial indica que se emplee 1000 cc de agua, 30 g de bicarbonato de amonio, 50 g de bicarbonato de sodio, 25 g de Desogen al 10% y 6 g de carboximetilcelulosa (Mora & Mora, 1974). Además de las proporciones, también puede variar la adición o no de EDTA como agente quelante. Para el **fragmento 01** de este ensayo, se ha empleado la receta propuesta originalmente por Paolo y Laura Mora con dos pequeñas modificaciones: en primer lugar, el Desogen al 10% ha sido sustituido por New Des 50 al 10%; en segundo lugar, se ha añadido EDTA tetra-sódico para facilitar la eliminación de carbonatos, tal y como hacen también Del Ordi, Regidor y Pasies (2010). La papeta ha tenido un tiempo de aplicación que no ha excedido los 15 minutos, a pesar de que en la receta original se indican tiempos de aplicación que varían entre una y 24 horas (en todos los ensayos realizados con los distintos tratamientos el tiempo de aplicación ha sido menor del estimado en un primer momento según la bibliografía consultada debido a la pulverulencia y deterioro que presentaba la capa pictórica).

Otro de los principales métodos para la eliminación de concreciones de carbonatos en pintura mural es el empleo de **sustancias quelantes**. Éstos son compuestos de cadena larga, moléculas polidentadas, que pueden formar complejos con otros compuestos; los

complejos formados son muy estables, por lo que al retirar el agente quelante se elimina también la sustancia acomplejada (Cremonesi, 2004b). Como ejemplos de agentes quelantes se encuentran el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), el ácido cítrico y algunas de sus respectivas sales, como el citrato de triamonio. El EDTA en forma de sales disódicas o tetrasódicas puede ser, en ocasiones, excesivamente agresivo y dejar residuos de sodio que pueden provocar sales solubles al interactuar con los componentes del sustrato, es en esos casos cuando se emplea el citrato de triamonio (Nicola, Scalesse & Coluccia, 2006). En este trabajo se ha evaluado la acción tanto de ácido cítrico como de EDTA tetra-sódico.

Ácido cítrico: $C_6H_8O_7$, es un ácido tricarbóxico hidróxilo, soluble en agua, alcoholes y etilacetato, forma soluciones que pueden llegar a un pH cercano a 2.5 a 25°C (Cremonesi, 2004a). Su uso ha estado siempre vinculado a la limpieza de material inorgánico, tales como piezas cerámicas, metales o pintura mural (Barros García & Llano Torre, 2011). Para el **fragmento 02** se ha empleado en disolución acuosa al 1% dando un pH de 2-3 y utilizando como agente sustentante pulpa de celulosa (Fig. 80). Como se ha indicado anteriormente, en trabajos previos ya se había aplicado este tratamiento, obteniendo relativamente buenos resultados, por lo que aquí se han mantenido los mismos parámetros de ensayo, comprobando nuevamente con un hisopo impregnado en la disolución que ésta no fuese demasiado agresiva para la capa pictórica. El tiempo de actuación ha sido de 5 minutos. Para el **fragmento 03** se ha aplicado la misma disolución de ácido cítrico pero utilizando, esta vez, Gellano Kelkogel al 5% como espesante; en este caso, el tiempo de aplicación ha podido ascender a 10 minutos.

EDTA: Ácido etilendiaminotetraacético, cuya fórmula es $C_{10}H_{16}N_2O_8$, es un ácido tetraprótico con cuatro grupo carbóxicos, $-COOH$, que pueden ser neutralizados con una base cada uno, formando sales solubles en agua; de esta manera, con el hidróxido de sodio, por ejemplo, se puede obtener EDTA mono-sódico, bi-sódico, tri-sódico y tetra-sódico, nombrados respectivamente como EDTA-Na, EDTA-Na₂, EDTA-Na₃ y EDTA-Na₄ (Cremonesi, 2004b). Para que la sal de EDTA forme un quelato con el $CaCO_3$ de las concreciones se deben tener en cuenta dos valores. En primer lugar, la relación entre el producto de solubilidad (pK_s) de la sustancia a eliminar, siendo en este caso de 8.54 para el $CaCO_3$, y la constante de formación del quelato ($\text{Log } K_f$), siendo de 8.43 para el EDTA tribásico y 11.00 para el EDTA tetrabásico; según indica Cremonesi (2004b) un quelante consigue disolver una cierta sal cuando su $\text{Log } K_f$ es mayor que el pK_s de la sal. En segundo lugar, existe un pH óptimo para acomplejar cada metal, siendo en el caso del EDTA de 6 para el Fe^{3+} y de 10 para el Ca^{2+} (Del Ordi Castilla, Regidor Ros & Pasies Oviedo, 2010). Por todo ello, para el **fragmento 04** se ha empleado una disolución acuosa de sal de EDTA-Na₄ con un pH de 10 utilizando como agente sustentante Arbocel BC 1000 y dejando un tiempo de actuación de 10 minutos; por el contrario, en el **fragmento 05** se ha aplicado la misma disolución formando un gel rígido con Gellano Kelkogel al 3% y dejando un tiempo de actuación también de 10 minutos.

Vista la importancia que tiene el valor de pH para la eliminación de carbonatos, otro de los tratamientos más empleados son las **sustancias tampón** o buffer. Están formadas por un ácido débil o una base débil en solución acuosa a un pH en el que la mitad del ácido o la base

esté en forma no dissociada y la otra mitad en forma de sal (Cremonesi, 2012)

Tampón citrato: Ejemplos de este tipo de sustancias son el tampón bicarbonato (ácido carbónico y bicarbonato) o el tampón citrato (ácido cítrico y citrato de triamonio) (Cremonesi, 2012; Doménech Carbó & Yusá Marco, 2007). En el caso del **fragmento 06** se ha empleado el tampón citrato utilizando una solución acuosa de ácido cítrico al 1%, al igual que en los fragmentos 02 y 03, a la que se ha añadido citrato de triamonio obteniendo, de esta manera, una solución moderadamente ácida con pH 4; en este caso se ha vuelto a emplear como agente sustentante pulpa de celulosa, dejando un tiempo de actuación de 10 minutos. A su vez, el **fragmento 07** ha sido tratado con la misma sustancia tampón pero formando un gel rígido añadiendo Gellano Kelkogel al 3% y repitiendo el mismo tiempo de actuación de casos anteriores, esto es 10 minutos (Fig. 81).



Figura 80: Fragmento 02 tratado con ácido cítrico y Arbocel BC 1000.



Figura 81: Fragmento 07 tratado con tampón citrato y Gellano Kelkogel.

4.1.2.- Evaluación de los ensayos de limpieza

Para hacer una evaluación de resultados objetiva en primer lugar, se ha realizado un estudio organoléptico en el que se han registrado tanto los cambios producidos en la dureza de las concreciones de carbonatos como las variaciones provocadas a la capa pictórica. En segundo lugar, se ha llevado a cabo la cuantificación de la extensión de las concreciones; para ello se ha tomado una imagen de detalle con el microscopio estereoscópico y, a través de un tratamiento de imagen, se ha cuantificado la extensión de capa pictórica visible antes y después de aplicar el tratamiento. En tercer lugar, se ha efectuado una cuantificación del espesor de la capa de suciedad eliminada gracias a la comparación del modelo fotogramétrico del estado inicial y del estado final del fragmento; para ello se ha realizado una toma fotográfica antes de la primera limpieza mecánica efectuada a los fragmentos y después de la limpieza química. Finalmente, se ha analizado la variación de color registrada en la capa pictórica gracias a las medidas realizadas mediante espectrofotómetro antes y después de la aplicación del tratamiento.

Fragmento 01

El análisis organoléptico realizado al fragmento 01 tratado con la papeta AB57 ha evidenciado que su acción no ha sido completamente satisfactoria. Si bien el tratamiento reblandece las concreciones, esta acción no es suficiente como para permitir su completa eliminación posterior mediante métodos mecánicos; además, el tratamiento debilita la película pictórica, volviéndola muy pulverulenta. Por otro lado, a pesar de la protección de la policromía con papel japonés, la papeta ha dejado residuos en la superficie que han debido ser eliminados posteriormente mediante un hisopo humedecido en agua destilada.

El análisis de detalle de la superficie mediante microscopía estereoscópica muestra unas concreciones oscuras que dejan libre solo el 27% aprox. de la superficie registrada, mientras que tras la aplicación del tratamiento, la superficie limpia asciende al 79% aprox. Sin embargo, su eliminación ha supuesto, en ocasiones, pérdida del último estrato pictórico, el correspondiente al rojo de plomo (Fig. 82).

En cuanto al espesor de la capa de suciedad eliminada se pueden apreciar unos depósitos puntuales de aproximadamente 2 mm de altura, que fueron rebajados en la primera limpieza mecánica efectuada. Se aprecia una acción general del tratamiento, aunque las concreciones han sido eliminadas en la zona de la izquierda del fragmento con mayor efectividad.

Finalmente, las mediciones realizadas mediante espectrofotómetro evidencian un cambio de color ($\Delta E_{a,b,10}^*$) claramente perceptible entre antes y después de la aplicación del tratamiento, siendo ésta de 12.1 ± 0.9 ; se considera que valores de diferencia de color en torno a 1.0 son perceptibles por personas con visión normal del color (Huang, Liu, Cui, Luo & Melgosa, 2012). Asimismo, la diferencia de claridad CIELAB (ΔL_{10}^*) registrada es de -8.7 ± 0.5 , la diferencia de croma CIELAB ($\Delta C_{a,b,10}^*$) de 8.4 ± 0.8 y, por último, la diferencia de tono ($\Delta H_{a,b,10}^*$) de -1.2 ± 0.2 , lo que significa, respectivamente, que la capa pictórica se ha oscurecido, ha incrementado su colorido o pureza de color y su tono ha virado ligeramente hacia el rojo tras la aplicación de la papeta AB57.

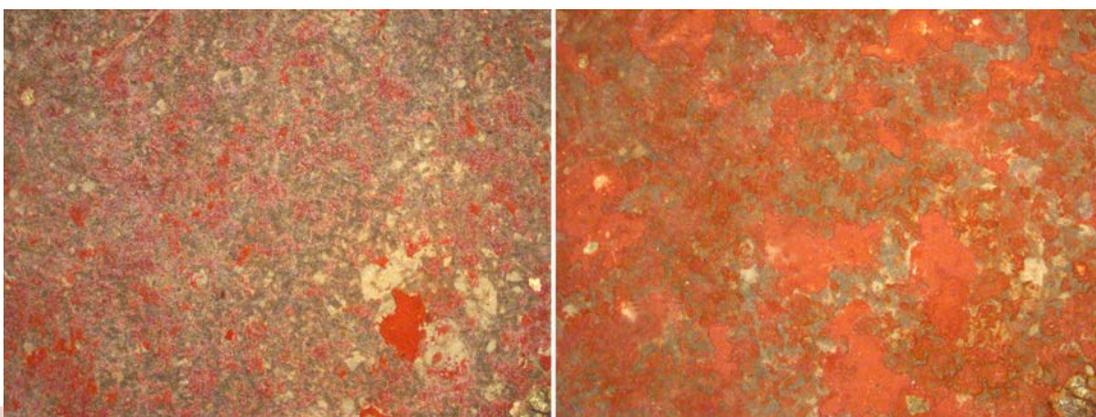


Figura 82: Imágenes tomadas mediante microscopía estereoscópica de la misma zona de la capa pictórica antes y después de la aplicación de la papeta AB57. En la fotografía de la derecha se observa cómo el tratamiento ha debilitado la capa pictórica ocasionando, en algunos puntos, la pérdida del último estrato de policromía, el correspondiente al rojo de plomo.

Fragmento 02

El *impacco* de pulpa de celulosa y ácido cítrico ha actuado sobre las concreciones de carbonatos de manera más efectiva que el tratamiento anterior, favoreciendo sobremanera su posterior eliminación mecánica; sin embargo, al igual que ha sucedido con la papeta AB57, también aquí la película pictórica se ha visto debilitada aumentando su pulverulencia, lo que dificultaba la posterior limpieza mecánica.

La microscopía estereoscópica muestra unas concreciones menos oscuras que en el caso anterior que dejan libre el 48% de la superficie, mientras que tras la limpieza química la superficie pictórica limpia asciende hasta el 95% aprox. En este caso el análisis mediante microscopio estereoscópico no muestra deterioro en ningún estrato de la capa pictórica, como sí sucedía en el caso anterior.

El análisis del espesor de las concreciones eliminadas muestra una acción mucho más general y más profunda en todo el fragmento, a excepción de las tres concreciones puntuales de mayor grosor que fueron eliminadas de manera mecánica antes de la aplicación de la papeta.

Por último, las mediciones colorimétricas han registrado un cambio de color ($\Delta E_{a,b,10}^*$) de 6.5 ± 0.7 ; en este caso, la diferencia de claridad CIELAB (ΔL_{10}^*) registrada es de -6.4 ± 0.8 , la diferencia de croma CIELAB ($\Delta C_{a,b,10}^*$) de 0.8 ± 0.8 y la diferencia de tono ($\Delta H_{a,b,10}^*$) de -0.7 ± 0.4 . Por lo tanto, el tratamiento del ácido cítrico aplicado mediante *impacco* de pulpa de celulosa ha oscurecido nuevamente la capa pictórica, ha incrementado mínimamente la pureza de color, menos que en el caso anterior y ha virado el tono hacia el rojo, nuevamente en menor medida que la papeta.

Fragmento 03

A su vez, el tratamiento de ácido cítrico aplicado en forma de gel muestra un resultado aún mejor que el caso anterior. En este sentido, la acción del ácido cítrico ha contribuido, nuevamente, al reblandecimiento de las concreciones de carbonatos, favoreciendo su posterior eliminación mediante bisturí. Asimismo, al aplicar el tratamiento mediante un gel en lugar de mediante el *impacco* de pulpa de celulosa, la policromía no se ha visto tan afectada por la acción del ácido, por lo que no se muestra tan pulverulenta.

En el análisis de detalle mediante microscopía estereoscópica se puede observar como del 51% aproximado de capa pictórica que se contabilizaba en un primer momento se ha pasado casi al 91% sin registrarse daños aparentes en la policromía.

La comparación de los modelos fotogramétricos muestra, además de las concreciones puntuales retiradas en un primer momento de manera mecánica, un espesor mayor de concreciones eliminadas en la zona derecha de la capa pictórica.

Las mediciones efectuadas mediante el espectrofotómetro han evidenciado un cambio de color ($\Delta E_{a,b,10}^*$) de 9.3 ± 1.5 tras la aplicación del gel de ácido cítrico. La diferencia de claridad CIELAB (ΔL_{10}^*) es de -4.2 ± 0.3 , la diferencia de croma CIELAB ($\Delta C_{a,b,10}^*$) de 8.2 ± 1.8 y, por

último, la diferencia de tono ($\Delta H_{a,b,10}^*$) de -0.5 ± 0.4 . En este caso, el empleo de Gellano como agente sustentante ha provocado un incremento en la diferencia de croma, aumentando el colorido o la pureza del color de la capa pictórica, mientras que ha oscurecido y variado el tono en menor medida.

Fragmento 04

En el caso del fragmento tratado con EDTA- Na_4 y Arbocel BC 1000 se ha registrado una acción diametralmente opuesta al fragmento 02 tratado mediante ácido cítrico y Arbocel BC 1000. Si bien la capa pictórica no se ha visto debilitada por la acción del EDTA, el tratamiento tampoco ha interactuado con las concreciones de carbonatos, por lo que la posterior acción mecánica ha debido ser más pronunciada que en casos anteriores y de mayor dificultad.

Tal y como se puede apreciar en el análisis detallado de la superficie mediante microscopía estereoscópica, las concreciones iniciales que recubrían el 55% aprox. de la superficie han disminuido hasta cubrir sólo el 7%, sin embargo, al no haber efectuado ninguna acción el EDTA sobre la dureza de las concreciones, su eliminación mecánica ha supuesto, al igual que sucedió en el fragmento 01, la eliminación en ocasiones del último estrato pictórico, el correspondiente al rojo de plomo.

La comparación de los modelos fotogramétricos muestra, efectivamente, unos depósitos de gran espesor eliminados de manera mecánica y puntual mientras que el resto de la superficie no muestra grandes cambios entre el estado inicial y el estado final del fragmento.

Por otro lado, las mediciones realizadas mediante espectrofotómetro evidencian un cambio de color ($\Delta E_{a,b,10}^*$) tras la aplicación del *impacco* de 8.0 ± 0.6 . En este caso, la diferencia de claridad CIELAB (ΔL_{10}^*) registrada es de -6.4, la diferencia de croma CIELAB ($\Delta C_{a,b,10}^*$) de 4.8 ± 0.4 y la diferencia de tono ($\Delta H_{a,b,10}^*$) de -0.4 ± 0.3 , repitiéndose, aunque en diferente medida, las variaciones de los casos anteriores, esto es, oscurecimiento de la capa pictórica, incremento del colorido o pureza de color y viraje mínimo del tono hacia el rojo.

Fragmento 05

El fragmento tratado con el gel rígido de EDTA- Na_4 no ha mostrado diferencias significativas con respecto al caso anterior. El tratamiento no ha afectado aparentemente a la capa pictórica pero tampoco ha reblandecido las concreciones de carbonatos, exigiendo una mayor acción mecánica.

Nuevamente, ha quedado evidenciado en el análisis detallado de la capa pictórica y en el tratamiento efectuado a la imagen tomada, donde se ha cuantificado en un primer momento una superficie limpia del 41% aprox. que ha sido aumentada al 78%. Al igual que en el caso anterior, se ha registrado la pérdida, en ocasiones, del último estrato de capa pictórica.

El análisis del espesor de la costra eliminada muestra, sin embargo, una mayor acción del

tratamiento en este caso que en el anterior. Además de las concreciones puntuales eliminadas de manera mecánica antes de la aplicación del tratamiento, se ha registrado una mayor acción de limpieza de manera uniforme en toda la superficie del fragmento (Fig. 83).

Por último, las medidas colorimétricas evidencian un cambio de color ($\Delta E^*_{a,b,10}$) menor en la aplicación de EDTA- Na_4 utilizando un gel rígido como agente sustentante en lugar de pulpa de celulosa, siendo el valor registrado de 3.0 ± 1.2 . En este caso, la diferencia de claridad CIELAB (ΔL^*_{10}) es de -2.6 ± 1.1 , la diferencia de croma CIELAB ($\Delta C^*_{a,b,10}$) de 1.3 ± 0.8 y, por último, la diferencia de tono ($\Delta H^*_{a,b,10}$) de 0.3 ± 0.4 , lo que significa que tras el tratamiento la capa pictórica se ha oscurecido, ha incrementado mínimamente su colorido y ha virado, también mínimamente, su tono aunque, en esta ocasión, hacia el amarillo.

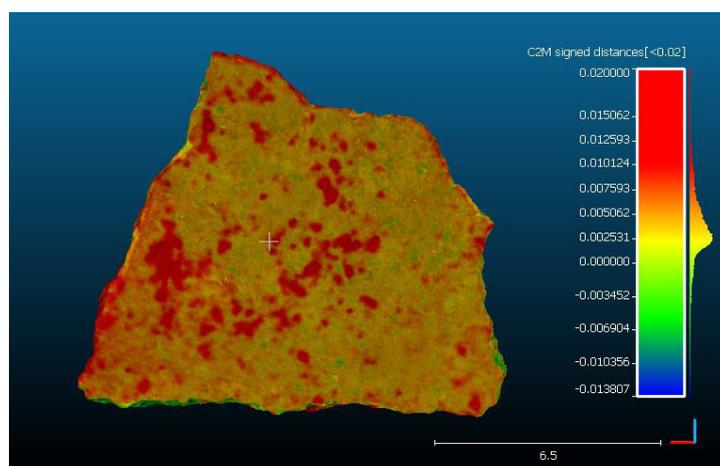


Figura 83: Comparación de los modelos fotogramétricos del fragmento 05 gracias a la que se aprecia una limpieza homogénea junto con la eliminación de depósitos puntuales.

Fragmento 06

Si bien este fragmento, junto con el fragmento 07, mostraba un mayor deterioro que el resto, el tratamiento aplicado de tampón citrato mediante pulpa de celulosa ha debilitado sobremanera la capa pictórica, provocándole una mayor pulverulencia y dejando un depósito blanquecino sobre ella. Por otro lado, las concreciones han mostrado un pequeño reblandecimiento, aunque no tanto como en el caso de los fragmentos tratados con ácido cítrico.

El análisis de la superficie mediante microscopía estereoscópica ha evidenciado que mientras que en el estado inicial sólo era apreciable el 14% aproximado de la capa pictórica, tras la aplicación del tratamiento la extensión de la capa pictórica limpia ascendía hasta el 70% aprox. Sin embargo, al igual que ha sucedido en los fragmentos tratados con EDTA, ésta se ha visto sensiblemente deteriorada.

La comparación de los modelos fotogramétricos correspondientes al estado inicial y al estado final del fragmento evidencian una limpieza general del mismo, relativamente homogénea en toda la superficie aunque siendo un poco más pronunciada en la zona central e izquierda del fragmento. Al igual que en los casos anteriores se ha registrado la eliminación puntual de concreciones terrosas iniciales.

Las mediciones del color de la capa pictórica efectuadas mediante espectrofotómetro han registrado un cambio de color ($\Delta E_{a,b,10}^*$) de 12.0 ± 0.4 . La aplicación del tratamiento en este caso ha provocado una diferencia de claridad CIELAB (ΔL_{10}^*) de -8.8 ± 0.7 , una diferencia de croma CIELAB ($\Delta C_{a,b,10}^*$) de 8.2 ± 0.4 y una diferencia de tono ($\Delta H_{a,b,10}^*$) de 0.3 ± 0.2 . Al igual que sucede en el caso anterior, tras el tratamiento la capa pictórica ha sufrido un oscurecimiento, un incremento de su colorido y su tono ha virado mínimamente hacia el amarillo.

Fragmento 07

Por último, el fragmento tratado mediante tampón citrato aplicado, esta vez, en forma de gel, ha mostrado un mejor resultado que el tratamiento anterior. El empleo de un gel como agente sustentante ocasiona, nuevamente, que la acción del disolvente no provoque tanta pulverulencia en la capa pictórica.

La evaluación de la superficie pictórica mediante microscopía estereoscópica ha registrado que frente al 25% de la superficie que se registraba limpia, tras la aplicación del tratamiento ésta ha ascendido hasta el 88%, sin apreciar un deterioro concreto de la policromía, como sí sucedía en el caso anterior.

Sin embargo, la comparación de los modelos fotogramétricos no muestra una acción de limpieza tan homogénea como en el caso anterior, pareciéndose más a la acción registrada en el fragmento 04, pues se muestran zonas de la capa pictórica en las que el espesor de la suciedad eliminada es muy fino y otras, correspondientes a depósitos puntuales eliminados en una fase previa a la aplicación del gel (Fig. 84).

A su vez, el análisis colorimétrico ha registrado en este caso el mayor cambio de color ($\Delta E_{a,b,10}^*$), siendo éste de 14.3 ± 0.6 . La aplicación de la sustancia tampón mediante gel rígido ha provocado una diferencia de claridad CIELAB (ΔL_{10}^*) de -9.3 ± 1.0 , una diferencia de croma CIELAB ($\Delta C_{a,b,10}^*$) de 10.8 ± 0.9 y una diferencia de tono ($\Delta H_{a,b,10}^*$) de -0.3 ± 0.3 significando que el tratamiento ha oscurecido la capa pictórica una vez más, ha incrementado su colorido y ha provocado un ligero viraje de tono hacia el rojo.

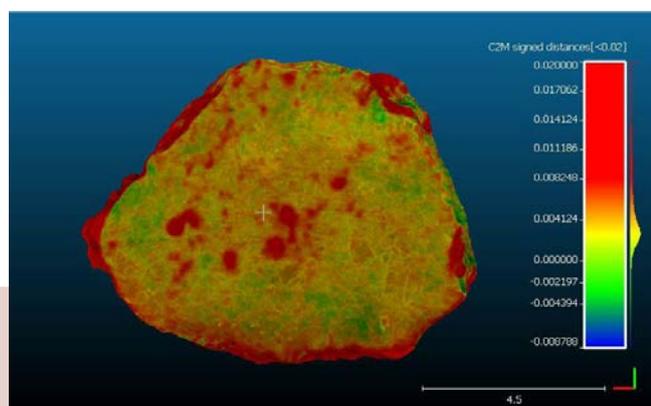


Figura 84: Comparación de los modelos fotogramétricos del fragmento 07 gracias a la que se aprecia una limpieza homogénea junto con la eliminación de depósitos puntuales.

4.1.3.- Discusión de resultados

Una vez evaluados los distintos ensayos de limpieza ha sido posible establecer ciertos aspectos generales (Tabla 25).

En primer lugar, merece una especial atención el estudio colorimétrico realizado a los fragmentos antes y después de la aplicación del tratamiento. En este sentido, con relación a la variabilidad de color (heterogeneidad), los fragmentos, en su conjunto, ofrecen un valor de MCDM, *Mean Color Difference from the Mean*, en unidades CIELAB, de 0.4 ± 0.9 antes de someterse a los ensayos de limpieza y de 1.0 ± 0.2 después de los ensayos; la homogeneidad del color en ambos casos es alta ($MCDM \leq 1.0$), si bien resulta algo superior antes de los tratamientos, indicando que éstos incrementan ligeramente la heterogeneidad del color original alterándolos, por tanto, levemente.

Por otro lado, todos los tratamientos de limpieza han provocado cambios de color claramente perceptibles (Fig. 85); como ya se ha indicado, se considera que valores de diferencia de color en torno a 1.0 son perceptibles por personas con visión normal del color (Huang, Liu, Cui, Luo & Melgosa, 2012). Asimismo, se ha evidenciado una relación en cuanto a los valores promedio de diferencia de color ($\Delta E_{a,b,10}^*$) y el porcentaje de concreciones eliminadas; de esta forma, los tratamientos que en el análisis de la imagen por microscopio estereoscópico han mostrado un mayor incremento de la superficie pictórica limpia corresponden a aquellos en los que la diferencia de color existente entre antes y después de la aplicación del tratamiento es mayor, coincidiendo con el fragmento 01 tratado con la papeta AB57 y con los fragmentos 06 y 07 tratados con el tampón citrato aplicados mediante *impacco* de pulpa de celulosa y mediante gel rígido respectivamente. Se corrobora por lo tanto que la acción de estos tratamientos ha sido excesiva.

En todos los casos, el parámetro que porcentualmente más contribuye al cambio de color es la diferencia de claridad, que adquiere siempre un valor medio negativo, lo que significa que los tratamientos han oscurecido la capa pictórica en todos los ensayos. Además, los tratamientos incrementan el croma en todos los casos (valores positivos de diferencia de croma), por lo que provocan un cierto aumento de la intensidad del color. La diferencia de tono es la que adquiere, en todos los casos, valores absolutos más bajos, tanto positivos como negativos, lo que indica que el tono cambia muy ligeramente (con un cierto viraje hacia el rojo o hacia el amarillo) (Figs. 86 y 87).

Por lo tanto, los tratamientos que mejor resultado han ofrecido han sido los agentes quelantes. Si bien los fragmentos en los que se ha aplicado EDTA- Na_4 muestran una menor diferencia de color CIELAB tras el tratamiento, son los fragmentos tratados con ácido cítrico los que registran una mayor eliminación de las concreciones, aunque la diferencia entre ambos es pequeña. La explicación a ello reside en que, aun cuando el ácido cítrico es peor agente quelante que el EDTA, su carácter ácido provoca que el CaCO_3 de las concreciones se encuentre en mayor medida como CO_2 que, siendo un gas, se evapora, haciendo que la reacción se desplace hacia ese lado, sin alcanzar nunca el equilibrio.

Asimismo, se aprecia una leve mejoría en los resultados de los tratamientos aplicados utilizando gel como agente sustentante frente al *impacco* de pulpa de celulosa. Si bien en las medidas colorimétricas por sí mismas no se determina una mayor o menor alteración del color, el análisis organoléptico ha evidenciado que el uso del *impacco* con pulpa de celulosa debilita más la capa pictórica, volviéndola más pulverulenta, por lo que la aplicación del tratamiento mediante un gel rígido facilita la posterior acción mecánica para la eliminación de las concreciones. Esto se debe a que la acción del tratamiento aplicado mediante gel es mucho más lenta y controlada, permitiendo que el disolvente actúe sólo en superficie y no penetre en estratos más profundos de la obra impidiendo la interacción con los materiales constitutivos. Además, esto favorece que se pueda incrementar el tiempo de aplicación del gel, como ha sucedido en el caso del fragmento 03 tratado con ácido cítrico.

No obstante, hay que recordar que dada la heterogeneidad que presentan tanto los materiales como las concreciones, la valoración de los resultados de manera concluyente es difícil por lo que hay que continuar en esta línea de trabajo. Sin embargo, se confirma que en casos como éste, en los que la película pictórica se presenta tan deteriorada, la limpieza que mejor resultados ofrece es la de tipo mecánico, preconsolidando previamente la capa pictórica.

	Tratamiento	Agente sustentante	Estudio organoléptico	% concreciones eliminadas	Espesor concreciones eliminadas	$\Delta E^*_{a,b,10}$
01	Papeta AB57	Carboxim.	Reblandece insuficientemente. Debilita capa pictórica.	51.3%	Depósitos puntuales. Limpieza no homogénea.	12.1± 0.9
02	Ácido cítrico	Arbocel BC1000	Reblandece concreciones. Debilita capa pictórica.	46.46%	Depósitos puntuales. Limpieza homogénea.	6.5±0.7
03	Ácido cítrico	Gellano Kelkogel	Reblandece concreciones. No debilita capa pictórica.	39.41%	Depósitos puntuales. Limpieza no homogénea.	9.3±1.5
04	EDTA	Arbocel BC1000	No reblandece concreciones. No debilita capa pictórica.	47.71%	Depósitos puntuales. Limpieza homogénea.	8.0±0.6
05	EDTA	Gellano Kelkogel	No reblandece concreciones. No debilita capa pictórica.	36.52%	Limpieza homogénea y mayor espesor.	3.0±1.2
06	Tampón citrato	Arbocel BC1000	Reblandece insuficientemente. Debilita capa pictórica.	56.14%	Limpieza más o menos homogénea y mayor espesor.	12.0±0.4
07	Tampón citrato	Gellano Kelkogel	Reblandece insuficientemente. No debilita capa pictórica.	62.94%	Depósitos puntuales. Limpieza homogénea.	14.3±0.6

Tabla 25: Tabla resumen con la evaluación de los distintos ensayos de limpieza realizados.

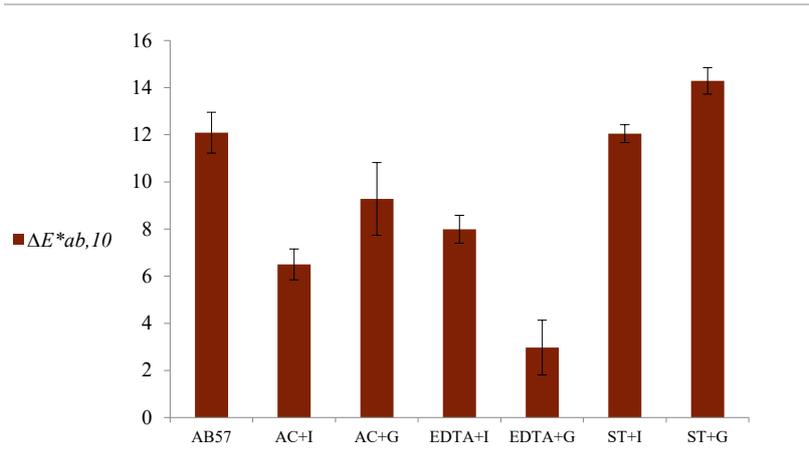


Figura 85: Valores promedio y desviación estándar (barras de error) de las diferencias de color CIELAB ($\Delta E^*_{a,b,10}$) entre las muestras antes y después de la aplicación de los tratamientos de limpieza.

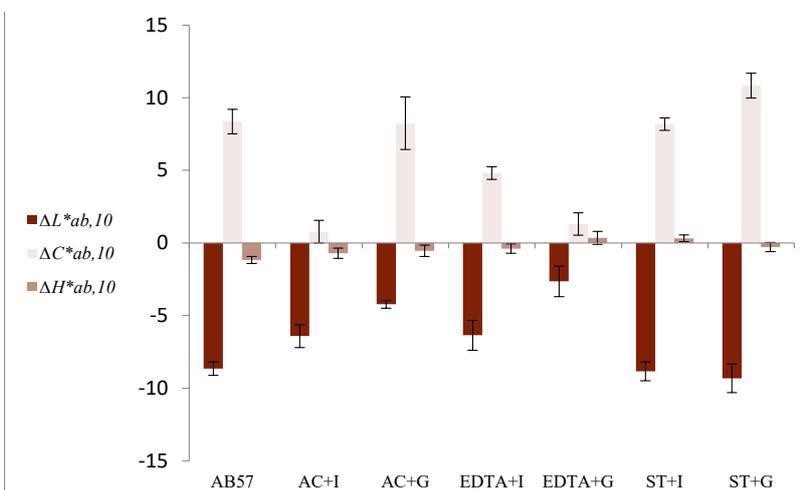


Figura 86: Valores promedio y desviación estándar (barras de error) de las diferencias de claridad (ΔL^*_{10}), cromía ($\Delta C^*_{a,b,10}$) y tono ($\Delta H^*_{a,b,10}$) CIELAB entre los fragmentos antes y después de la aplicación de los tratamientos de limpieza.

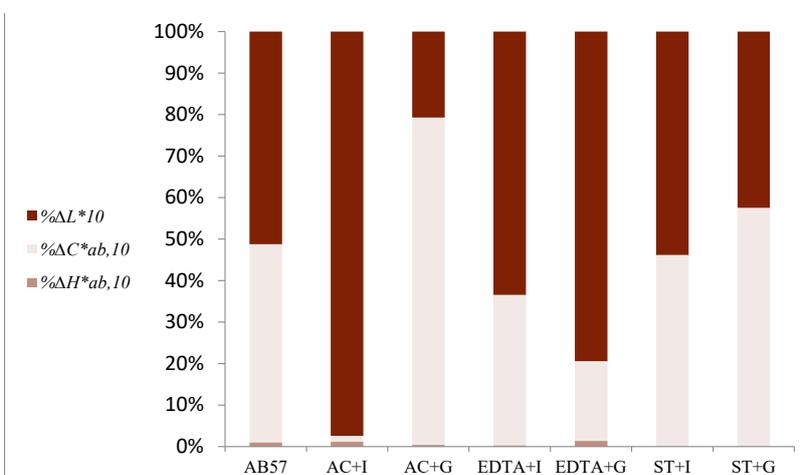


Figura 87: Porcentajes de contribución de las diferencias de claridad ($\% \Delta L^*_{10}$), cromía ($\% \Delta C^*_{a,b,10}$) y tono ($\% \Delta H^*_{a,b,10}$) CIELAB a la diferencia de color total entre los fragmentos antes y después de la aplicación de los tratamientos de limpieza.

4.2. ENSAYOS DE TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

El término “consolidación” queda definido por A. Calvo (1997) como “tratamiento de restauración destinado a devolver la cohesión o consistencia a los materiales de las obras, perdida por diferentes causas, y que se puede manifestar por su estado pulverulento” (p.64). Esta definición, sin embargo, resulta algo ambigua ya que no especifica la diferencia existente entre fijación y consolidación: se habla de consolidación cuando se actúa a nivel interno, cohesionando el soporte y adhiriendo los distintos estratos de mortero entre sí; por el contrario, se habla de fijación cuando se actúa a nivel superficial, dando consistencia a la capa pictórica y reforzando la unión entre ésta y el mortero. Dado el estado de conservación que presentaban los revestimientos murales objeto de estudio de esta tesis doctoral, en este trabajo sólo se han considerado tratamientos de fijación.

Existe un amplio abanico de tratamientos de este tipo agrupados en función de su naturaleza: consolidantes orgánicos como algunas colas, empleadas como fijativos temporales, o la caseína (Moreno Cifuentes, 1998); consolidantes inorgánicos, como el hidróxido de bario, el hidróxido cálcico o los ésteres de sílice, que presentan una mayor afinidad con el material a tratar pero que pueden crear velos blanquecinos en la superficie (Mora, Mora & Philippot, 2003; Rodorico & Baglioni, 2001); consolidantes sintéticos (Moreno Cifuentes, 1998) donde se enmarcan resinas acrílicas como el Paraloid B72... Tal y como se ha indicado en la metodología, los ensayos que aquí se presentan evalúan dos de los tratamientos más empleados en arqueología, como son la resina acrílica y el silicato de etilo (Moreno Cifuentes, 1998), junto con productos de nueva incorporación, como son las nanocelas y las partículas de nanosilicato de etilo, así como con un tratamiento experimental de bioconsolidación, la carbonatogénesis bacteriana.

Al igual que en el apartado anterior, los ensayos han sido efectuados sobre fragmentos descontextualizados correspondientes a las distintas pinturas murales aquí estudiadas. Para ello, se han escogido siete procedentes de cada uno de los cinco revestimientos estudiados (pinturas murales romanas y tardoantiguas de *Castulo* y pinturas murales romanas, emirales y califales de Córdoba) para ser tratados con los distintos consolidantes que a continuación se exponen (Tabla 26). Previamente a la aplicación de los tratamientos de consolidación, al igual que se realizó en los ensayos de limpieza, se ha llevado a cabo una limpieza mecánica de todos los fragmentos para la eliminación de las concreciones terrosas que presentaban en la capa pictórica.

Tratamiento	Romanas <i>Castulo</i>	Tardoantiguas <i>Castulo</i>	Romanas Córdoba	Emirales Córdoba	Califales Córdoba
Carbonatogénesis	CR1	TA1	PIT1	MIR1	HRS1
Carbonatogénesis + <i>impacco</i>	CR2	TA2	PIT2	MIR2	HRS2
Paraloid B72	CR3	TA3	PIT3	MIR3	HRS3
Estel 1000	CR4	TA4	PIT4	MIR4	HRS4
Nano estel	CR5	TA5	PIT5	MIR5	HRS5
Nanorestore	CR6	TA6	PIT6	MIR6	HRS6
Testigo	CR7	TA7	PIT7	MIR7	HRS7

Tabla 26: Fragmentos empleados en los ensayos de consolidación y tratamiento aplicado a cada uno de ellos.

4.2.1.- Ensayos de consolidación

La consolidación es uno de los tratamientos que mayor importancia tiene en la intervención de obra arqueológica. Dentro de ella, como ya se ha mencionado, dos de los **productos más empleados** son la resina acrílica, concretamente Paraloid B72, y el silicato de etilo, como, por ejemplo, Estel 1000. La ventaja del primero de ellos radica en su reversibilidad, aunque tiende a crear una barrera impermeable sobre la capa pictórica que puede ocasionar problemas; por el contrario, el segundo presenta una mayor afinidad en su composición con los materiales constitutivos de la obra pero su reversibilidad es peor. A continuación se presentan las características específicas de cada uno de ellos así como los detalles de su aplicación para los ensayos de consolidación.

Paraloid B72: se trata de un copolímero de etilmetacrilato y metilacrilato (EMA/MA), en relación 70/30, muy estable. Considerado de Clase A (excelente) según la clasificación de Feller (Borgioli & Cremonesi, 2005), tiene escasa tendencia a la reticulación, lo que evita su irreversibilidad; aun así, tras su envejecimiento de forma natural, aumenta la dificultad de eliminación, sobre todo en el caso de pinturas murales. Se debe extremar la precaución con su uso en ambientes húmedos, ya que puede producir pasmos. Es soluble en disolventes orgánicos y presenta buenas propiedades mecánicas y de envejecimiento (Moreno Cifuentes, 1998). Los ensayos de consolidación se han realizado, tal y como se ha señalado en la metodología, con Paraloid B72 disuelto al 5% en TACO 8¹⁹; se ha efectuado una aplicación al día, durante tres días consecutivos, mediante impregnación de la superficie con pincel, protegiendo previamente la capa pictórica con papel japonés.

Estel 1000: corresponde al nombre comercial que la empresa CTS da al silicato de etilo; pertenece al grupo de los ésteres de sílice. Su proceso de endurecimiento ocurre

¹⁹ Mezcla ideada por los profesores del ISCR Maurizio Coladonato y Fabio Talarico de disolventes de volatilidad media compuesta por alcohol isopropílico, octano y acetona en una concentración del 45%, 32% y 23% respectivamente que sustituye a disolventes orgánicos de mayor toxicidad como el tolueno o el disolvente nitrocelulósico.

mediante una transición sol-gel²⁰; al polimerizar forma un film sobre la superficie que puede acabar fracturándose por grietas de secado si la evaporación del disolvente es muy rápida (Borgioli, 2002). Además de reduciendo la tasa de evaporación del disolvente, estas grietas se pueden evitar añadiendo al producto nanopartículas, como las de sílice o de dióxido de titanio (Kyung Kim, Won, Do, Kim & Kang, 2009). Una de las ventajas que presenta este tratamiento es su permeabilidad al agua; por el contrario, como se ha indicado anteriormente, su reversibilidad es escasa (Leitner, 2002). Para los ensayos de consolidación se ha aplicado Estel 1000 mediante impregnación de la superficie con pincel y protegiendo la capa pictórica con papel japonés; al igual que en el caso anterior, se ha realizado una aplicación al día durante tres días consecutivos.

Con el nacimiento de la nanociencia, los **nanomateriales** han ido ocupando diversos campos de investigación, entre ellos el del patrimonio cultural, ofreciendo un abanico de nuevos materiales y tratamientos a emplear. Se define como nanomaterial aquel que tiene unas características estructurales donde al menos una de sus dimensiones está en el intervalo de 1-100 nanómetros; esto hace que la partícula tenga una superficie específica²¹ mayor y que, por lo tanto, su velocidad de reacción pueda aumentar (Gómez-Villalba L. , López-Arce, Fort González & Álvarez de Buergo, 2010; Gómez-Villalba, López-Arce, Fort González, Álvarez de Buergo & Zornoza-Indart, 2011). En este caso, los tratamientos nanométricos evaluados han sido nanocales y nano-silicato de etilo.

Nanorestore: nombre comercial bajo el que la empresa CTS denomina a un consolidante compuesto por dispersiones de nanocal en alcohol isopropílico desnaturalizado. Este tratamiento ha sido desarrollado por el Consorzio Interuniversitario per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase, de la Universidad de Florencia y empleado en distintos casos (Baglioni, Carrasco Vargas, Chelazzi, Colón Gonzalez, Desprat & Giorgi, 2006; Daniele, Franzoni, Quaresima, Sandrolini & Taglieri, 2007; Dei, Radicati & Salvadori, 2005). El empleo de alcohol isopropílico para la dispersión, en lugar de agua, favorece la penetración del tratamiento en los materiales porosos debido a su baja tensión superficial. Tras la realización de diversas pruebas previas en función de lo recomendado en la bibliografía consultada y en la ficha técnica del producto, para los ensayos de consolidación que aquí se presentan se ha utilizado el producto disuelto al 25% en una mezcla de alcohol isopropílico y agua, en relación 1:1, y se ha aplicado mediante nebulización, realizando una aplicación al día durante 6 días consecutivos.

Nano estel: nombre comercial de la empresa CTS bajo el que se denomina a una dispersión coloidal acuosa y no alcalina de partículas de bióxido de silicio (SiO₂) de tamaño nanométrico. Al evaporar el agua, las partículas se enlazan formando un gel de sílice, de igual modo que ocurre con el silicato de etilo; asimismo, la formación del gel de sílice se puede obtener cambiando el pH, mezclando la disolución con disolventes hidrosolubles como el alcohol o la acetona, o añadiendo una sal. Si bien se trata de un material hasta ahora menos usado que las nanocales, ya se ha empleado

²⁰ Se parte de una solución coloidal homogénea donde las cadenas de los polímeros están dispersas en el disolvente, y se pasa a un gel, una red tridimensional continua y porosa que retiene parte de la fase líquida (Borgioli, 2002).

²¹ La superficie específica es la relación existente entre el área y la unidad de masa, es decir, entre la superficie de una partícula y su volumen. Se mide en m²/g (San Andrés & de la Viña, 2004).

en la consolidación de distintas obras (Camaiti, Dellantonio & Pittertschatscher, 2008; Costa, Dei, Giovagnoli & Ioele, 2007). Al igual que en el caso anterior, tras realizar distintas pruebas en función de las recomendaciones indicadas en la bibliografía consultada y en la ficha técnica²², se ha estimado la aplicación del producto disuelto al 10% en agua destilada mediante impregnación de la capa pictórica con pincel. La superficie se ha protegido con papel japonés y se ha realizado una aplicación al día durante tres días consecutivos.

Por otro lado, en las últimas décadas se ha empezado a investigar sobre el papel de los microorganismos en los procesos geológicos; entre los diversos aspectos que se estudian se encuentran los procesos de biomineralización bacteriana, de donde nace la **bioconsolidación** (Jroundi, Fernández Vivas, Rodríguez Navarro, Bedmar & González Muñoz, 2010). Hasta el momento, este tratamiento se ha aplicado sobre diferentes tipos de piedra y sobre yesos y cornisas arqueológicas (Calero Castillo, Medina Flórez, González Muñoz & García Bueno, 2018; Jroundi, Gonzalez-Muñoz, García-Bueno & Rodriguez-Navarro, 2014; Jroundi, González-Muñoz, Rodríguez-Navarro, Martín Peinado & Martín Peinado, 2013).

Carbonatogénesis bacteriana: este tratamiento se basa en la formación de minerales mediante un proceso biológico. Los biominerales tienen unas propiedades mecánicas mejoradas y una mayor resistencia a los ataques químicos; por lo tanto, los tratamientos basados en biomineralización mejoran las propiedades de los tratamientos inorgánicos. Las bacterias carbonatogénicas producen carbonato cálcico como subproducto de sus metabolismos; en la microbiota presente en el patrimonio, el 95% de las bacterias son carbonatogénicas, por lo que se aprovecha este hecho para consolidar la obra de manera natural. Las bacterias actúan generando un ambiente alcalino y aportando iones carbonatos, además de comportarse como núcleos homogéneos sobre los que precipita el nuevo carbonato cálcico. Para ello, sólo hay que rociar sobre la superficie a consolidar una solución nutritiva que aporte aminoácidos además de calcio (denominada M-3P); de esta manera, las bacterias son capaces de producir, como subproducto de su actividad microbiana, sustancias exopoliméricas. Estas sustancias se incorporan a los cristales neoformados de carbonato cálcico microbiano, aumentando su resistencia química y mecánica (Becerra Luna, 2015; González-Muñoz, Jroundi, García-Bueno, Martín Peinado & Rodríguez-Navarro, 2015). Para este ensayo, el tratamiento ha sido aplicado de dos maneras distintas: en el fragmento 1 de cada serie se ha aplicado la solución M-3P²³ por nebulización tres veces al día durante siete días consecutivos; a su vez, el fragmento 2 de cada serie ha sido tratado del mismo modo que el fragmento 1 pero reforzando el tratamiento con un *impacco* de pulpa de celulosa impregnado en la solución nutritiva que ha sido aplicado una semana después de finalizar la primera parte del tratamiento y se ha dejado actuar un tiempo de 2 horas, buscando que la acción de la consolidación actuase más en superficie.

²² Se adjunta un anexo con las fichas técnicas de los productos empleados.

²³ Como se ha señalado en la metodología, la solución M-3P ha sido proporcionada por la Dra. M^a Teresa González Muñoz del Departamento de Microbiología de la Universidad de Granada.

4.2.2.- Evaluación de los ensayos de consolidación

Tal y como se ha indicado en la metodología, la evaluación de los tratamientos de consolidación realizados sobre fragmentos descontextualizados presenta ciertas dificultades debido, sobre todo, a sus reducidas dimensiones, así como a la heterogeneidad de las mismas, lo que restringe el número de ensayos a emplear. Teniendo en cuenta dichas circunstancias, la evaluación de los tratamientos que aquí se presenta se ha efectuado a través de la realización de un test de solubilidad, de un ensayo de absorción de agua por capilaridad, del análisis pormenorizado tanto textural como elemental de la superficie mediante microscopía electrónica de barrido de alta resolución y, por último, del análisis de las variaciones del color que los tratamientos han podido provocar en la capa pictórica. Asimismo se ha realizado una extensa documentación fotográfica tanto de los fragmentos antes y después de la aplicación del tratamiento como de los procesos desarrollados; dicha documentación se puede consultar en el anexo 4 de este trabajo.

4.2.2.1.- Test de solubilidad

Como se ha mencionado anteriormente, con la realización de esta prueba se ha buscado la comprobación del efecto consolidante de los distintos tratamientos aplicados, para lo que se ha frotado un hisopo de algodón humedecido en agua destilada sobre la capa pictórica de cada uno de los fragmentos. Sin embargo, se debe señalar que la eficacia de esta evaluación depende del color de la capa pictórica; en este sentido, los resultados de la prueba de solubilidad resultan más patentes en las series de fragmentos con policromía roja, esto es, los correspondientes a los revestimientos de *Castulo* de época romana (CR) y a las pinturas murales de época romana y califal procedentes de Córdoba (PIT y HRS).

Analizando estas tres series se observa cómo los revestimientos romanos de Córdoba (**PIT**) son aquellos que presentan, en un primer momento, una menor pulverulencia de la capa pictórica, tal y como se puede apreciar en el hisopo correspondiente al fragmento 7 (testigo); por el contrario, las pinturas que presentan una mayor pulverulencia inicial son las que decoran la Sala del Mosaico de los Amores (**CR**) (Fig. 88). En las tres series mencionadas, los tratamientos que mejor resultado ofrecen, es decir, aquellos en los que los hisopos aparecen menos manchados, son la resina acrílica y el nano-silicato de etilo, al que se le une, en el caso de la serie **HRS**, el silicato de etilo. Por el contrario, los tratamientos de bioconsolidación y el tratamiento de nanocales son aquellos que peor resultado han dado.

Por otro lado, analizando con detalle las pruebas de solubilidad realizadas en la serie de fragmentos de época tardoantigua (**TA**) se aprecia cómo los hisopos que se presentan sin ningún resto de policromía son los correspondientes a los fragmentos tratados con Paraloid B72 y con Estel 1000. La serie **MIR**, por el contrario, correspondiente a los fragmentos de época emiral procedentes de Córdoba, debido al color de su policromía, no ha ofrecido resultados concluyentes en esta evaluación.



Figura 88: Prueba de solubilidad realizada a los fragmentos procedentes de la Sala del Mosaico de los Amores de *Castulo* (Serie CR).

4.2.2.2.- Ensayo de absorción de agua por capilaridad

Debido a que uno de los agentes de deterioro más común en la pintura mural es el agua, se ha estimado oportuno evaluar los distintos ensayos de consolidación mediante el análisis de la absorción de agua por capilaridad que registran los fragmentos después de cada tratamiento. Nuevamente, la heterogeneidad de los fragmentos ha impedido que, además de este ensayo, se realizara otro de permeabilidad al vapor de agua.

La primera característica que se observa tras la realización del ensayo es que los fragmentos procedentes de *Castulo* (CR y TA) absorben, en general, menos agua que los fragmentos procedentes de los distintos revestimientos cordobeses (PIT, MIR y HRS). Si bien no se puede afirmar categóricamente, este aspecto puede deberse al diferente estado de conservación de los revestimientos ya que los fragmentos cordobeses, al haber estado almacenados anteriormente en condiciones más extremas de humedad y temperatura que los castulonenses, presentan un estado de conservación peor. La segunda característica destacable es que en la mayoría de los casos, a excepción de los fragmentos de época emiral (MIR) que son los que presentan un comportamiento más anómalo, los fragmentos tratados tienen una absorción menor que el fragmento testigo, por lo que se podría asegurar que los diferentes tratamientos han cumplido la finalidad de consolidación que se buscaba.

Con respecto al análisis de los tratamientos queda documentado cómo los fragmentos tratados con los dos tratamientos de **carbonatogénesis** son los que menos agua absorben; ello puede deberse a la creación de nuevos cristales de CaCO_3 que consolidan el material haciéndolo más compacto. No se aprecian diferencias significativas entre la aplicación del tratamiento por nebulización y la aplicación del tratamiento por nebulización e *impacco* (Fig. 89); en este sentido, en los fragmentos de época califal así como los de época romana castulonenses (HRS y CR), aquellos tratados con carbonatogénesis reforzada mediante la acción del *impacco* absorben más agua, al contrario que sucede en los revestimientos de época tardoantigua y de época romana de Córdoba (TA y PIT); asimismo, los fragmentos emirales vuelven a presentar un comportamiento diferente pues en los primeros momentos del ensayo es el fragmento tratado con *impacco* el que absorbe más agua mientras que en los últimos momentos éste se estabiliza y el fragmento tratado solo por nebulización aumenta

su absorción.

Además de los fragmentos tratados con carbonatogénesis, aquellos consolidados con **Paraloid B72** muestran también una menor absorción de agua por capilaridad. En este caso, se puede deber a la película impermeable que la resina acrílica forma en superficie y que envuelve los granos de pigmento fijándolos entre sí pero que dificulta la entrada de agua al interior del mortero.

En cuanto a las diferencias existentes entre la aplicación del tratamiento de **Estel 1000** y de **Nano estel**, en todos los casos, a excepción de la serie HRS, los fragmentos tratados con nanosilicato ofrecen una menor absorción (Fig. 90); esto es debido a que dicho tratamiento crea un estrato superficial de mayor espesor en la capa pictórica que dificulta la penetración de agua hacia el interior. Al igual que en casos anteriores, también aquí se repite el comportamiento anómalo de los fragmentos pertenecientes a los revestimientos cordobeses de época emiral.

Finalmente, el tratamiento con **Nanorestore** es el que muestra un comportamiento más irregular según el revestimiento al que se ha aplicado, siendo de los tratamientos que provocan una menor absorción de agua en los revestimientos castulonenses pero, por el contrario, uno de los que más absorción muestra en los revestimientos procedentes de Córdoba.

Figura 89: Resultados del ensayo de absorción por capilaridad de los fragmentos tratados con carbonatogénesis bacteriana (serie 1) y carbonatogénesis bacteriana con *impacco* (serie 2).

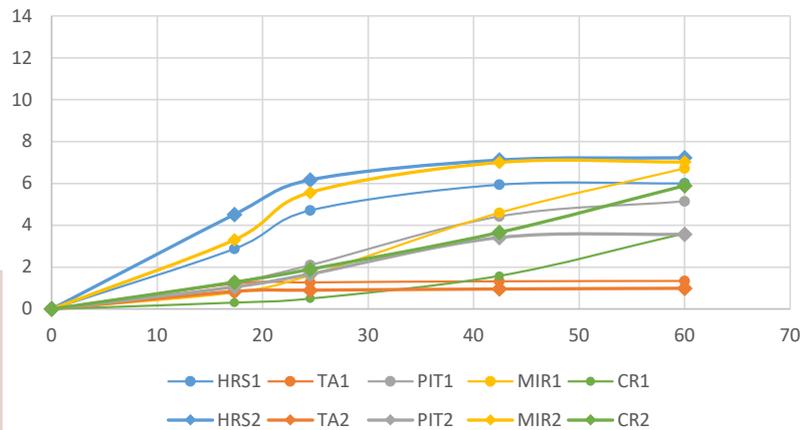
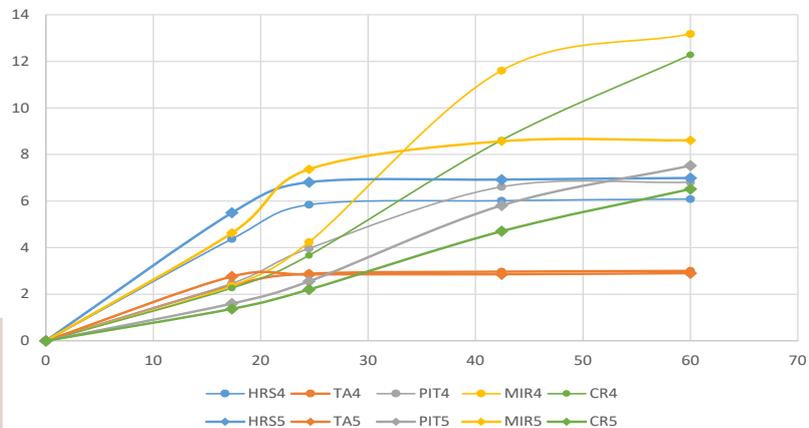


Figura 90: Resultados del ensayo de absorción por capilaridad de los fragmentos tratados con Estel 1000 (serie 4) y Nano estel (serie 5).



4.2.2.3.- Evaluación textural y elemental mediante HRSEM

El análisis de muestras mediante microscopía electrónica de barrido de alta resolución (HRSEM) ha permitido realizar una evaluación pormenorizada de los cambios que cada tratamiento produce en los revestimientos, tanto en superficie como en el interior analizando el perfil de la muestra, así como una estimación del nivel de penetración de los tratamientos. Para ello, se ha estudiado en primer lugar la muestra del fragmento testigo, de modo que una vez caracterizada la morfología y la composición de los revestimientos se pudiesen comparar las muestras consolidadas con la muestra patrón.

En el análisis de las **muestras testigos** cabe señalar la muestra CR7, correspondiente a los revestimientos romanos de *Castulo*, en cuya superficie se puede apreciar la impronta de la herramienta empleada para la realización de las *politiones* (Fig. 91); estas huellas habían sido registradas también en trabajos previos (López Martínez, López Cruz, García Bueno, Calero Castillo & Medina Flórez, 2016). Asimismo, el análisis elemental de la superficie ha identificado, además de calcio, los elementos característicos de los pigmentos empleados, esto es, Fe y Pb correspondientes al rojo de hematites y al rojo de plomo, y P procedente del negro de hueso añadido al rojo para oscurecer su tono. En el caso de la muestra TA7, el elemento identificado en la capa pictórica ha sido el hierro, correspondiente al rojo empleado en la decoración; sin embargo, debido al esquema decorativo de estas pinturas, el rojo no está presente en todas las muestras, por lo que no se puede tomar con un elemento indicativo de la capa pictórica a la hora de analizar la penetración de los consolidantes. A su vez, la muestra PIT7 repite a grandes rasgos las características ya identificadas en la muestra de los revestimientos castulonenes romanos, se aprecia también la superficie espatulada (Fig. 92) y se identifican Fe y P como elementos característicos de la policromía, correspondientes al rojo de hematites y al negro de hueso. Finalmente, la muestra MIR7 no presenta características destacables, siendo el calcio el único elemento característico de la capa pictórica, al igual que sucede en la muestra HRS7, aunque en este caso es el hierro el elemento característico de la policromía.

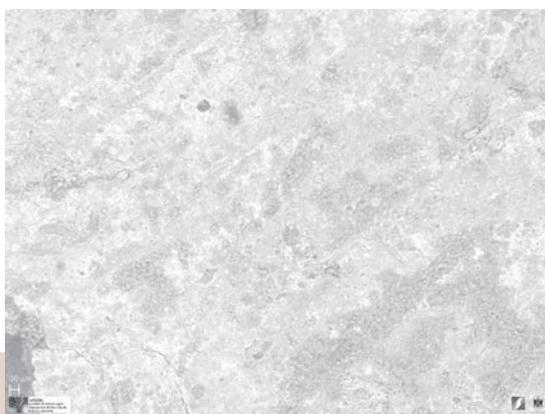


Figura 91: Análisis mediante HRSEM de la muestra CR7 en la que se aprecian las huellas dejadas por el instrumento empleado para realizar el pulido de la superficie.

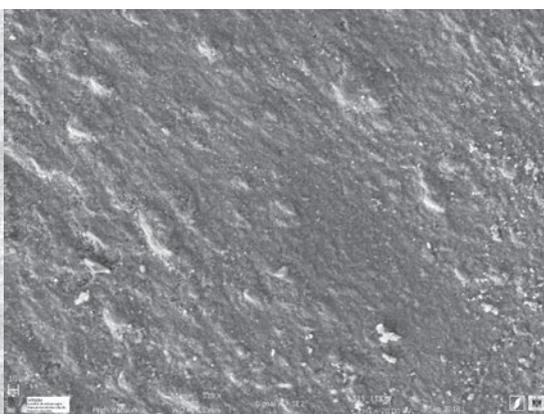


Figura 92: Análisis mediante HRSEM de la muestra PIT7 en la que se aprecian las huellas dejadas por el instrumento empleado para realizar el pulido de la superficie.

El análisis de las muestras correspondientes a los dos tratamientos de **carbonatogénesis** ha permitido identificar diversas características. En primer lugar, en el análisis del perfil de la muestra CR1 ha sido posible observar bacterias calcificadas, éstas se encuentran a una profundidad aproximada de 92 μm ; en segundo lugar, en el análisis del perfil de la muestra CR2 se ha identificado P a una profundidad de 100 μm aproximadamente. Dado que la señal de Fe de la capa pictórica se pierde en una profundidad mucho menor, se puede considerar que el P identificado corresponde al cultivo empleado en el tratamiento, ya que el fósforo es un elemento minoritario de su composición. Analizando ambos datos en conjunto, se podría decir que en los revestimientos de época romana castulonenses, la acción de consolidación de la carbonatogénesis bacteriana ha llegado hasta ese nivel de penetración. Por otro lado, en el análisis de la muestra TA2 también se ha identificado P, procedente de la solución M-3P, aunque en este caso se localiza más en superficie, pudiendo ser por lo tanto un indicador de que el tratamiento de carbonatogénesis reforzado con la acción del *impacco* mantiene el cultivo más en superficie, favoreciendo la actividad de las bacterias y, por lo tanto, la consolidación en esta zona; asimismo, en las imágenes tomadas del perfil de esta muestra se observa claramente el CaCO_3 de nueva formación (Fig. 93). La idea de que el uso del *impacco* hace que el tratamiento actúe más en superficie se ve corroborada con el análisis del perfil de la muestra PIT2, en cuyo *line profile* se aprecia cómo el calcio queda por encima del hierro de la capa pictórica, con un espesor de 5 μm . En las muestras MIR1 y MIR2 vuelve a identificarse P procedente del medio de cultivo; el mismo se aprecia en la muestra HRS1 como una capa orgánica que se diferencia texturalmente de la capa de carbono correspondiente a la metalización de las muestras, ya que esta última tiene un aspecto mucho más granuloso.

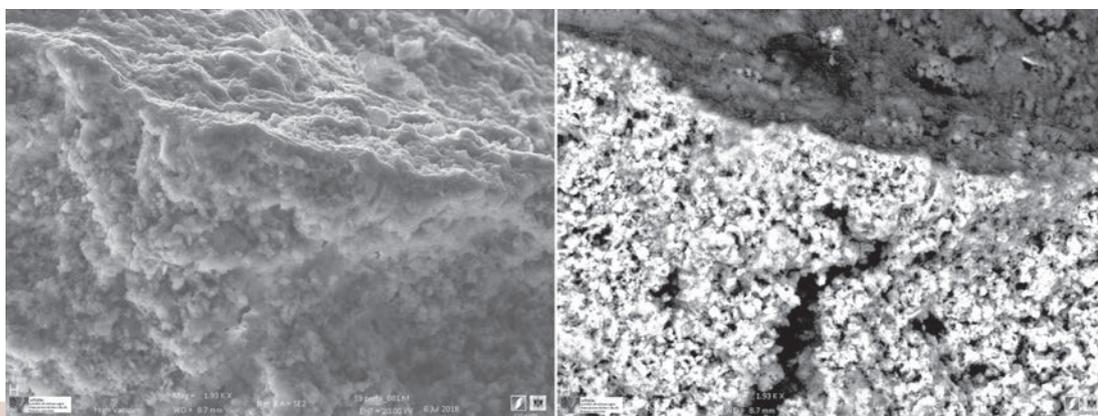


Figura 93: Análisis mediante HRSEM del perfil de la muestra TA2 tratada con carbonatogénesis bacteriana e *impacco* donde se aprecia la calcita de nueva formación que rellena la fisura. Imagen tomada con SE (Izquierda). Imagen tomada con BSE (Derecha).

Por otro lado, en todas las muestras tratadas con **Paraloid B72** se puede identificar claramente en la superficie el estrato orgánico que recubre las partículas (Fig. 94). En la muestra CR3 este estrato presenta un grosor de 10 μm aprox., mientras que en la muestra PIT3 éste es de 2.5 μm . Sin embargo, en las imágenes tomadas de las muestras correspondientes a los revestimientos tardoantiguos y emirales (TA3 y MIR3) este estrato no se observa de manera tan clara debido a que la capa pictórica de estas pinturas es más porosa y no está espatulada, por lo que el consolidante no queda tan en superficie.

Las muestras que menos cambios morfológicos y composicionales presentan son aquellas tratadas con **Estel 1000**. En la muestra MIR4 se aprecia un estrato de silicato de 20 μm aproximadamente, pero en ninguna de las otras muestras analizadas se puede asegurar que la penetración del consolidante alcance esa profundidad. Por el contrario, en todas las muestras tratadas con **Nano estel**, a excepción de la correspondiente a los revestimientos tardoantiguos (TA4), se aprecia una capa de consolidante bastante gruesa, de unos 19 μm de espesor, que se ha craquelado en la parte más externa, con unos 4 μm de espesor, provocando que toda la superficie se vea craquelada (Fig. 95).

Finalmente, las muestras tratadas con **Nanorestore**, al igual que sucede con las tratadas con Estel 1000, no presentan modificaciones apreciables ni en cuanto a morfología ni en cuanto a composición se refiere. En el *line profile* de la muestra HRS6 se puede apreciar la acción de las nanocales que han creado una capa de carbonatación en la superficie que alcanza los 50 μm pero, nuevamente, al no haber diferencia composicional entre el tratamiento y los materiales constitutivos de los revestimientos no se puede asegurar que la penetración del consolidante sea ésta en todos los casos.

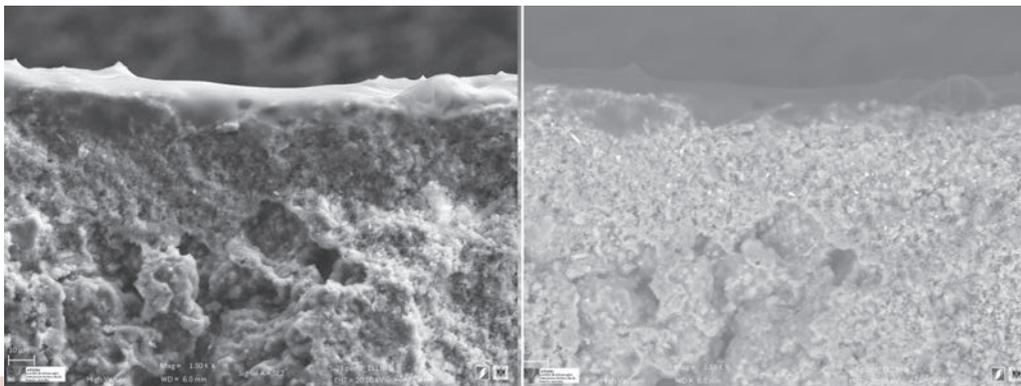


Figura 94: Análisis mediante HRSEM del perfil de la muestra CR3 tratada con Paraloid B72 donde se aprecia la capa orgánica que el consolidante forma en superficie. Imagen tomada con SE (Izquierda). Imagen tomada con BSE (Derecha).

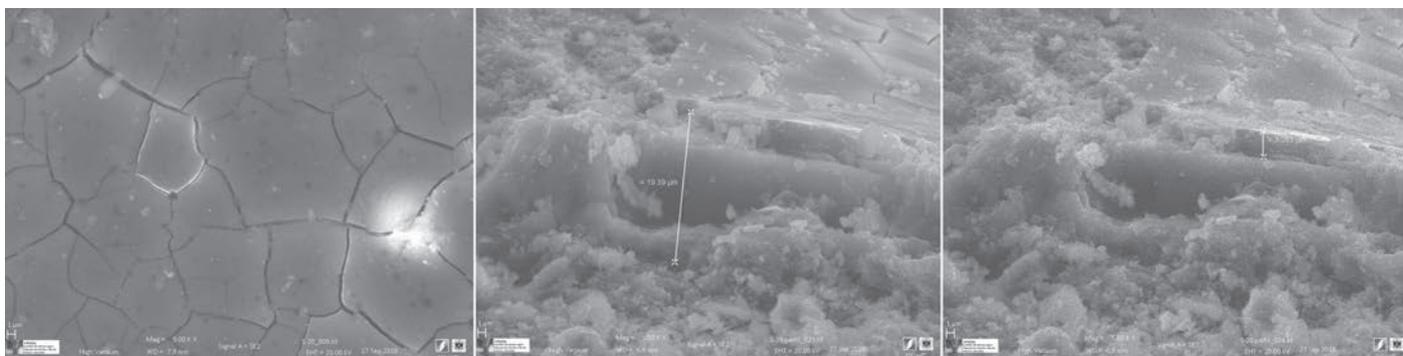


Figura 95: Análisis mediante HRSEM de la muestra PIT5 tratada con Nano estel donde se aprecia la superficie craquelada y el espesor de la capa total, de 19.4 μm , y de la parte craquelada, de 4 μm . Imágenes tomadas con SE.

4.2.2.4.- Análisis de las variaciones del color de la capa pictórica

En primer lugar se ha analizado la **variabilidad del color**, es decir, la heterogeneidad, de las muestras mediante la *MCDM* en unidades CIELAB; para ello se han combinado los siguientes criterios: cada serie de fragmentos procedentes de los distintos revestimientos, muestras de referencia sin consolidar y muestras consolidadas con los diferentes productos (Tabla 27).

Procedencia	SC	Carb.	Carb. + <i>impacco</i>	Paraloid B72	Estel 1000	Nano estel	Nanorestore	C
CR	2.0	1.1	1.2	1.7	1.8	1.4	2.4	1.6
TA	3.2	5.1	5.6	2.2	1.9	1.4	4.2	3.4
PIT	1.8	0.7	2.8	3.3	2.3	1.8	2.3	2.2
MIR	2.4	2.2	3.0	3.0	4.2	1.5	1.6	2.8
HRS	2.3	0.5	1.3	1.5	1.0	1.3	1.6	1.2
Promedio	2.3	2.1	2.5	2.1	2.0	1.5	2.4	2.1
Desv. est.	1.2	2.0	1.7	0.8	1.2	0.2	1.1	1.2

Tabla 27: Promedio y desviación estándar de los valores *MCDM* (en unidades CIELAB) para cada serie de muestras en función de los siguientes criterios: procedencia y período (CR: *Castulo* romanas; TA: *Castulo* tardoantiguas; PIT: Córdoba romanas; MIR: Córdoba emirales; HRS: Córdoba califales), muestras de referencia sin consolidar (SC), muestras consolidadas de los diferentes tratamientos y conjunto de muestras consolidadas (C).

Analizando, en conjunto, la variabilidad del color (*MCDM*) del total de las muestras sin consolidar (SC) se puede comprobar que su valor (2.3 ± 1.2) es muy similar, aunque ligeramente superior, al valor de las muestras tras los tratamientos de consolidación (C) (2.1 ± 1.2), lo que indica que la consolidación no introduce heterogeneidades en el color sino, más bien, lo homogeneiza mínimamente. Si se tienen en cuenta los valores *MCDM* de las muestras antes y después de consolidar según los distintos revestimientos se observa que los revestimientos de época romana castuloneses (CR) y los de época califal (HRS) presentan una variabilidad del color más alta antes de la aplicación de los tratamientos; esto se debe a que los fragmentos presentaban, tal y como se puede observar en la documentación fotográfica que se adjunta en el anexo 4, restos de concreciones que resultan menos evidentes tras la aplicación del tratamiento.

En segundo lugar, se ha estudiado la **diferencia de color CIELAB** ($\Delta E_{a,b,10}^*$) de las muestras, antes y después de la aplicación del consolidante, atendiendo a dos criterios: tratamiento consolidante y revestimiento al que corresponden las muestras (Fig. 96). En este sentido, se ha registrado en todas las muestras un cambio de color claramente perceptible tras la aplicación de los tratamientos; como se ha indicado anteriormente, valores de diferencia de color en torno a 1.0 se consideran perceptibles por personas con visión normal del color (Huang, Liu, Cui, Luo & Melgosa, 2012). De acuerdo con los consolidantes, las mayores diferencias de color promedio se registran en las muestras tratadas con carbonatogénesis, tanto las tratadas sólo por nebulización (11.4 ± 2.1) como en las que se ha aplicado también el *impacco* (12.1 ± 2.5); por el contrario, las muestras que menor diferencia de color CIELAB presentan son aquellas tratadas con Nano estel (2.7 ± 1.1). Atendiendo a los distintos revestimientos, los fragmentos que presentan una mayor diferencia de color promedio son los correspondientes a los revestimientos de época romana cordobeses (9.5 ± 5.1), éstos son

los que menos pulverulencia presentaban según la prueba de solubilidad en el estado inicial, por lo que puede que los tratamientos hayan afectado más al color de la capa pictórica por no presentarse ésta tan debilitada. Por el contrario, los que presentan una menor diferencia de color promedio son las muestras pertenecientes a los revestimientos romanos castulonenes (4.5 ± 3.0) que, del mismo modo, son los que mayor pulverulencia presentaban en la prueba de solubilidad.

En tercer lugar, se ha analizado de modo desglosado las **diferencias de claridad, croma y tono CIELAB** (ΔL^*_{10} , $\Delta C^*_{ab,10}$ y $\Delta H^*_{ab,10}$ respectivamente) en función también de los criterios anteriores, esto es, tratamiento de consolidación y procedencia de la muestra (Fig. 97). Se ha registrado que los valores promedio de diferencia de claridad CIELAB (ΔL^*_{10}), según el consolidante, son negativos en todos los casos excepto en las muestras tratadas con Nanorestore, donde es 0.0, correspondiendo la diferencia más alta, nuevamente, a los tratamientos de carbonatogénesis (-9.5 ± 1.8 y -9.3 ± 2.9); esto indica que todos los consolidantes, excepto las nanocales, provocan un oscurecimiento de la muestra, mínimo en el caso de Nano estel (-1.6 ± 1.4). Por otro lado, los valores promedio de diferencia de croma CIELAB ($\Delta C^*_{ab,10}$) son positivos en todos los casos, siendo nuevamente los tratamientos de carbonatogénesis los valores más altos (5.2 ± 1.7 y 6.0 ± 1.3) y el Nano estel el que provoca una menor diferencia (0.2 ± 0.8); esto significa un incremento de colorido o pureza de color tras la aplicación del tratamiento. Por último, con relación a la diferencia de tono ($\Delta H^*_{ab,10}$) se comprueba que es el parámetro que menos cambios sufre al aplicar los consolidantes presentando valores menores de 2 en todos los casos y siempre negativos; ello indica que el viraje de un tono a otro es mínimo, por lo que los rojos, blancos o verdes siguen teniendo un tono muy similar tras la aplicación del tratamiento. Los valores negativos indican que los tonos se vuelven ligeramente más rojos.

Finalmente, se ha asignado un **porcentaje** a cada una de las diferencias de claridad, croma y tono CIELAB para comprobar el parámetro que más contribuye al cambio de color (Fig. 98). De este modo, se ha registrado que en los fragmentos tratados con Paraloid B72 y con Estel 1000 la mayor diferencia se presenta en el croma, mientras que en el resto es la claridad.

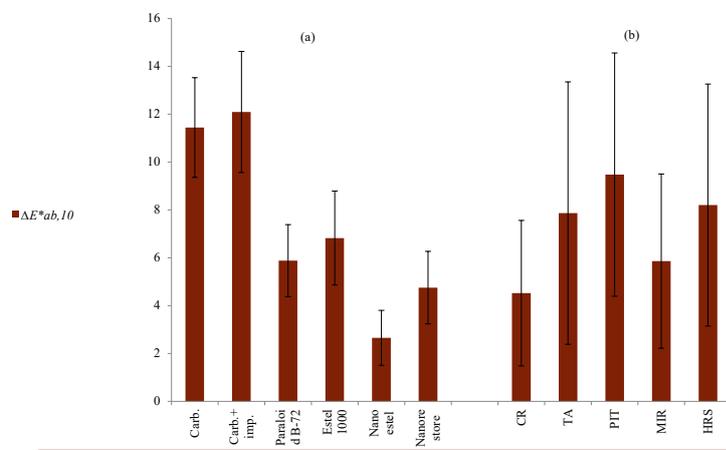


Figura 96: Valores promedio y desviación estándar (barras de error) de las diferencias de color CIELAB ($\Delta E^*_{ab,10}$) entre las muestras sin consolidar y consolidadas según cada tratamiento (a) y según la procedencia de cada muestra (b).

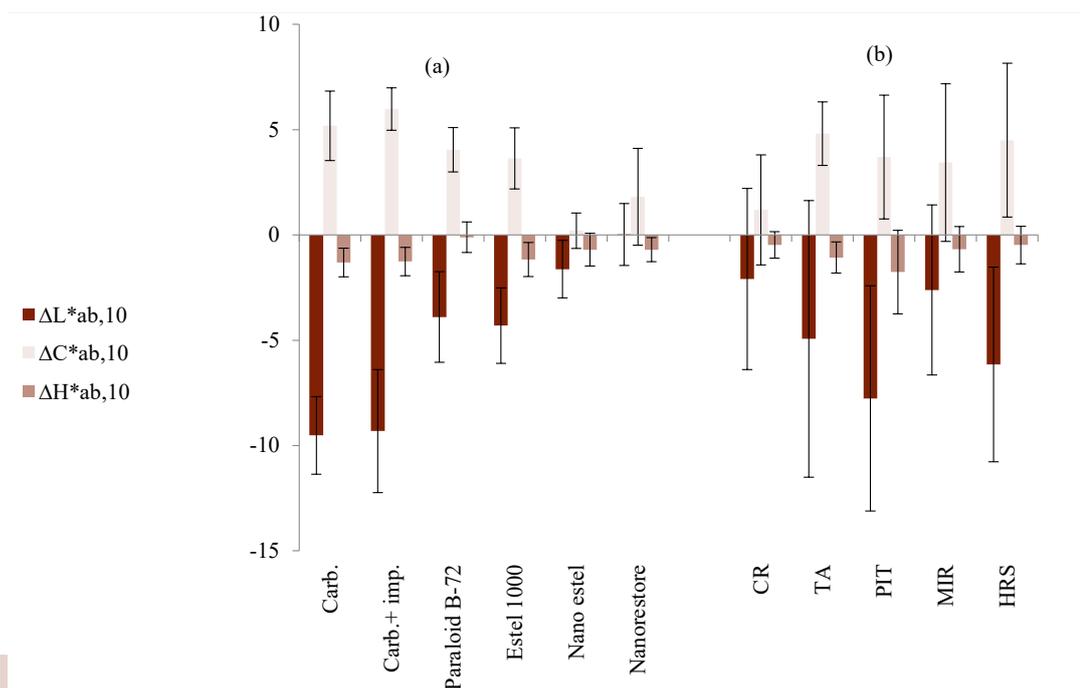


Figura 97: Valores promedio y desviación estándar (barras de error) de las diferencias de claridad (ΔL^*_{10}), croma ($\Delta C^*_{a,b,10}$) y tono ($\Delta H^*_{a,b,10}$) CIELAB entre las muestras sin consolidar y consolidadas según cada tratamiento (a) y según la procedencia de cada muestra (b).

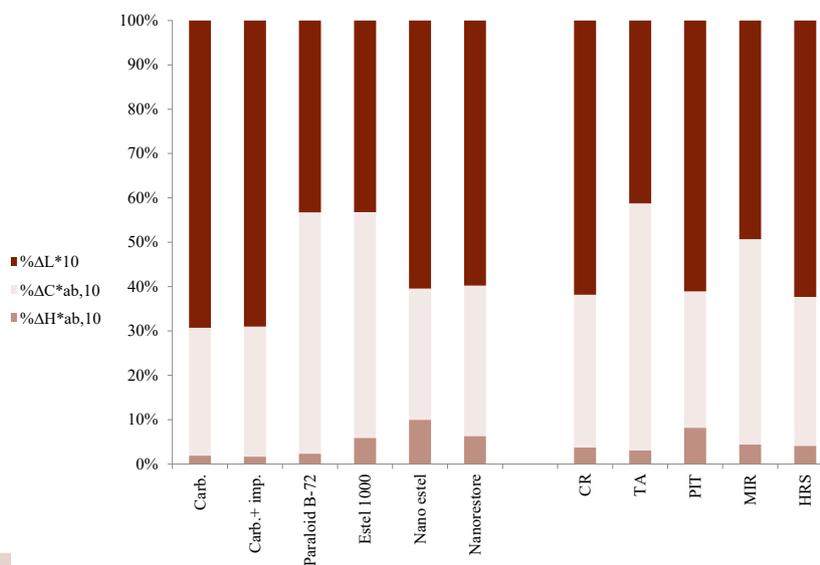


Figura 98: Porcentajes de contribución de las diferencias de claridad ($\% \Delta L^*_{10}$), croma ($\% \Delta C^*_{a,b,10}$) y tono ($\% \Delta H^*_{a,b,10}$) CIELAB a la diferencia de color total entre las muestras antes y después de la aplicación de los tratamientos de consolidación.

4.2.3.- Discusión de resultados

Tras la evaluación de los distintos ensayos de consolidación ha sido posible apreciar ciertas características comunes.

En primer lugar, se ha registrado un cambio de comportamiento respecto a los consolidantes en función del revestimiento sobre el que se han aplicado. En este sentido, los revestimientos castulonenes de época romana (CR) son los que menos variación de color han sufrido, pero los que presentaban una pulverulencia mayor inicial según la prueba de solubilidad; por el contrario, los revestimientos cordobeses de época romana (PIT) son los que más variación de color han presentado, siendo los que menor pulverulencia inicial mostraban. Asimismo, en el ensayo de absorción de agua por capilaridad, los revestimientos procedentes de Córdoba (PIT, MIR y HRS) han evidenciado una mayor absorción de agua con respecto a los revestimientos pertenecientes a *Castulo* (CR y TA), debido posiblemente a las condiciones extremas de almacenaje en el que se encontraban las pinturas cordobesas. También se ha registrado un cambio de comportamiento en las pinturas cuya capa pictórica no estaba espatulada; en los análisis efectuados mediante HRSEM se aprecia que en los revestimientos de época tardoantigua y emiral (TA y MIR) los tratamientos no suelen dejar un estrato superficial tan patente como en el resto (en el caso de la resina acrílica, Paraloid B72, la capa superficial no se aprecia ni en la muestra TA3 ni en la muestra MIR3, mientras que la capa craquelada de Nano estel tampoco es visible en la muestra TA5).

En cuanto a la valoración de los consolidantes, ningún tratamiento ha destacado de manera positiva en todos los aspectos evaluados, aunque sí presentan en conjunto aspectos comunes, sobre todo en lo que respecta al cambio de color de la capa pictórica. En este sentido, en todos los casos la aplicación del consolidante ha provocado una homogeneización, si bien mínima, del color en las muestras, así como un oscurecimiento de la policromía. También ha sido común el aumento del colorido o de la pureza del color de los fragmentos tras la aplicación de los consolidantes y un cambio mínimo de tono, virando éste hacia el rojo. Del mismo modo, en la mayoría de los casos, la aplicación del consolidante ha supuesto una disminución de la absorción del agua por capilaridad.

Los **consolidantes más empleados habitualmente**, tanto la resina acrílica como el silicato de etilo, son los que mejor resultando han dado, junto con las nanopartículas de silicato de etilo, en las pruebas de solubilidad. Del mismo modo, en las variaciones de color registradas en la capa pictórica, en ambos casos el mayor cambio que han producido ha sido el aumento del croma, mientras que el resto de tratamientos en lo que más han influido ha sido en la claridad, oscureciendo la muestra. Por otro lado, la resina acrílica ha sido uno de los tratamientos que ha provocado una mayor disminución de la absorción de agua por capilaridad debido seguramente, tal y como se observa en los análisis efectuados mediante HRSEM, al estrato orgánico superficial que crea el tratamiento, de espesor variable (se ha registrado un espesor de 2.5 μm en algunas muestras y de 10 μm en otras); ambos aspectos corroboran lo ya analizado por otros autores en cuanto al uso de Paraloid B72 para la consolidación de morteros (Carretti & Dei, 2004). Por el contrario, las muestras tratadas con Estel 1000 son las que menos cambios morfológicos y composicionales han mostrado en el análisis de microscopía electrónica de barrido de alta resolución.

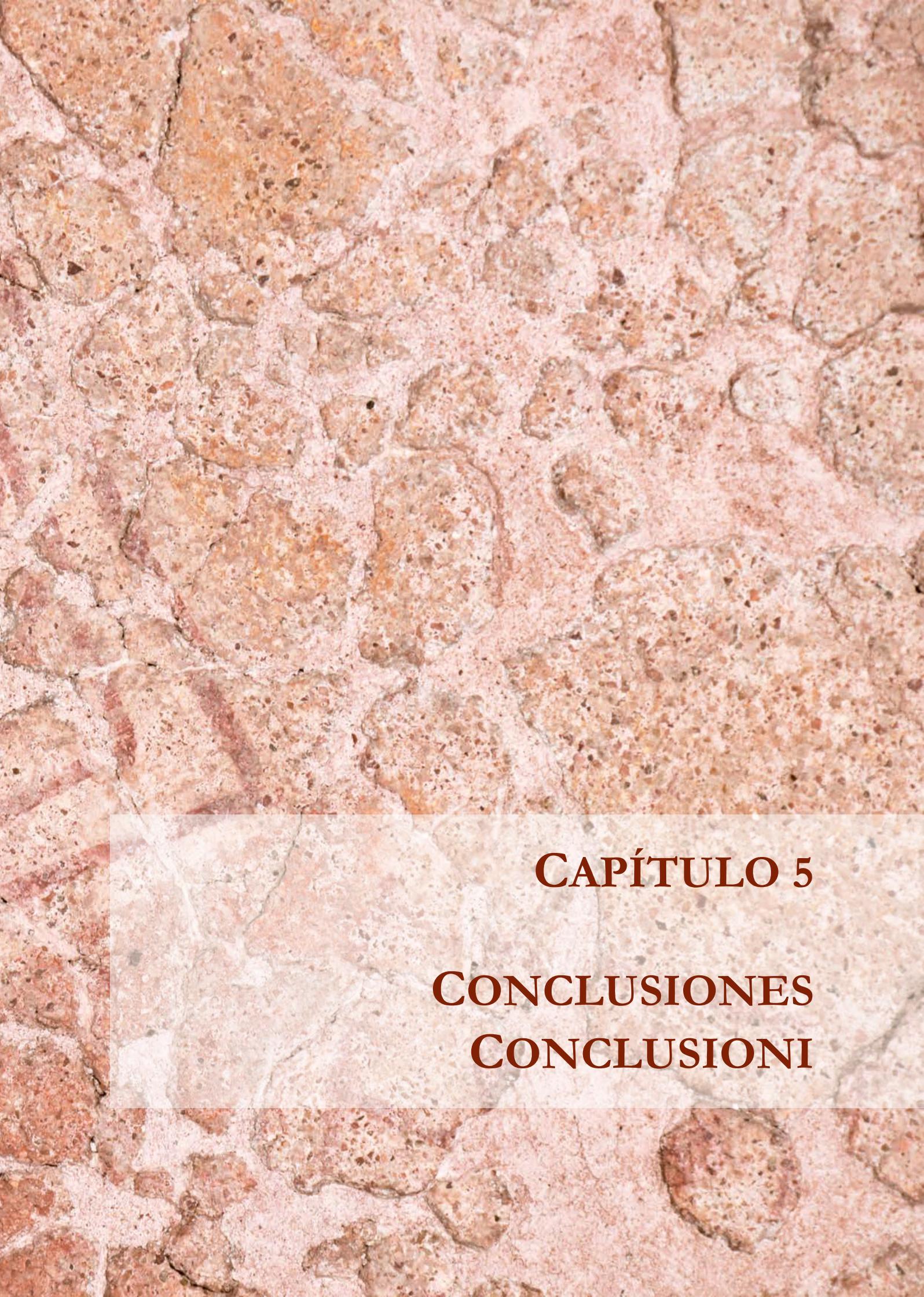
El empleo de **tratamientos basados en nanopartículas** ha evidenciado, en ciertos aspectos, una mejora en cuanto a los tratamientos tradicionales pero, en otros aspectos, han supuesto peores resultados. En el caso de los fragmentos tratados con Nano estel, como ya se ha indicado, son los que mejor resultado han ofrecido en la prueba de solubilidad, junto con los tratamientos tradicionales, y los que menor cambio de color han producido en la capa pictórica. Sin embargo, en el análisis de las muestras mediante HRSEM se aprecia la creación de un estrato superficial de unos 19 μm de espesor que además se ha craquelado en la totalidad de su superficie; debido, seguramente, a esta capa, los fragmentos tratados con Nano estel presentan una absorción de agua por capilaridad menor que los fragmentos tratados con Estel 1000. Por el contrario, los fragmentos tratados con nanocales no presentan un cambio textural ni en composición en las muestras analizadas por HRSEM pero son, según la prueba de solubilidad realizada, los que peor resultado ofrecen junto con los tratamientos de carbonatogénesis.

Finalmente, los fragmentos tratados con **carbonatogénesis bacteriana**, además de ser los que peor resultado han mostrado en la prueba de solubilidad, son los que más cambios han producido en el color de la capa pictórica. Por otro lado, son los que han provocado, junto con la resina acrílica, una mayor disminución de la absorción de agua por capilaridad, y los que muestran de manera más clara en el análisis mediante HRSEM la consolidación del mortero. En este sentido, se ha comprobado que su consolidación alcanza los 100 μm de profundidad, mucho mayor que en el resto de los casos. Asimismo, no se han registrado diferencias notables entre la aplicación del tratamiento de carbonatogénesis solo por nebulización y la aplicación del tratamiento por nebulización y por *impacco*. Los resultados en la prueba de solubilidad y en el ensayo de absorción de agua por capilaridad han sido semejantes, al igual que los cambios de color que ambos producen; sin embargo, sí se ha registrado gracias a los análisis mediante HRSEM que en el segundo caso, con el empleo del *impacco*, existe una mayor presencia de cultivo en la superficie de los fragmentos, ya que se ha identificado una mayor presencia de fósforo, componente del cultivo.

Con todo ello se evidencia, por un lado, que el tratamiento de carbonatogénesis presenta numerosas ventajas en cuanto a la consolidación de morteros se refiere, pero para la fijación de policromía, el tema que aquí se trata, se debe seguir trabajando y estudiando otras posibilidades; sin bien la aplicación del tratamiento mediante *impacco* ha mostrado una mayor presencia del cultivo en la capa pictórica, esto no se ha traducido en una mayor consolidación de la misma, tal y como se aprecia con las pruebas de solubilidad, además de provocar un cambio de color importante en la policromía. Por otro lado, los tratamientos en los que intervienen nanopartículas parece que suponen una mejora en algunos aspectos en cuanto a los tratamientos tradicionales se refiere, aunque todavía presentan inconvenientes como la pulverulencia persistente en la capa pictórica en el caso de las nanocales o la formación de la capa craquelada en el caso del nano-silicato de etilo; en ambos casos se podrían mejorar los resultados con la aplicación de los tratamientos en concentraciones distintas a las aquí empleadas. Finalmente, los tratamientos tradicionales son los que ofrecen unos resultados más equilibrados; sin embargo, hay que tener en consideración los inconvenientes que presentan, esto es, la irreversibilidad en el caso del silicato de etilo y la capa impermeable que forma la resina acrílica, y analizar el ambiente en el que se va a conservar finalmente la obra, sobretudo en el caso del Paraloid B72, ya que el estrato superficial que genera puede provocar un mayor deterioro a la obra si ésta es colocada *in situ* (como ya se ha indicado

en la metodología, ese es un aspecto que no se ha tenido en consideración en la elección y evaluación de los tratamientos que aquí se presentan).





CAPÍTULO 5

**CONCLUSIONES
CONCLUSIONI**



Detalle de la decoración de las pinturas murales de época tardoantigua de *Castulo*.

CONCLUSIONES

Gracias al estudio de materiales realizado en esta tesis y a la revisión bibliográfica efectuada, ha sido posible corroborar, en primer lugar, que los revestimientos de la Sala del Mosaico de los Amores de *Castulo* se enmarcan perfectamente tanto en los procedimientos descritos en los textos clásicos que reseñan la pintura mural de la Antigüedad como en el contexto de pintura mural realizada en *Hispania* en época coetánea.

De este modo, se cumple la estratificación de morteros señalada por Vitruvio, en la que, si bien no se distinguen los seis estratos de los que habla el autor clásico, se reconocen perfectamente cuatro. Los pigmentos identificados también concuerdan con la paleta empleada en la pintura mural romana, presentando *Rubricae* (hematites, óxidos de hierro rojos), *Minium secundarium* (óxido de plomo), *Creta viridis* (tierra verde), *Caeruleum aegyptium* (azul egipcio), *Cretae* (blanco de cal), *Cerussa* (blanco de plomo), *Atramentum* (negro de humo/carbón), *Elephantinum* (negro de hueso) y *Ochrae* (oxi-hidróxidos de hierro); de igual forma se cumple la teoría propuesta por Lepyk Kopaczynska por la cual los colores *floridi* (como el verde o el rojo de plomo) están superpuestos a los *austeri* (como el negro o el óxido de hierro). Asimismo, las pinturas presentan dos acabados distintos, uno brillante y pulido ejecutado al fresco siguiendo la técnica de las *politiones*, y uno rugoso realizado probablemente al seco mezclando para ello el pigmento con agua de cal o con algún aglutinante no definido. Finalmente, en cuanto a su esquema decorativo, los revestimientos presentan el esquema tripartito típico de dicha época: un zócalo con decoración geométrica y una zona media compuesta por paneles con filetes dobles de encuadramiento y decoración de puntos en sus esquinas e interpaneles con decoración de candelabros; se han documentado numerosos ejemplos de estos elementos decorativos en la pintura mural de *Hispania*.

Por otro lado, los revestimientos de época tardoantigua presentan los mismos materiales que los revestimientos de época romana aunque empleados de manera distinta. Tras la revisión bibliográfica efectuada y el análisis de estas pinturas, es posible afirmar que la técnica de ejecución de las pinturas tardoantiguas castulonenses se asemeja más a la técnica empleada en las decoraciones de ambiente hipogeo de esta época que a las decoraciones de las villas rurales que empiezan a construirse a partir del siglo III d.C. En este sentido, los revestimientos presentan un solo estrato de mortero, de un grosor menor al total de los estratos de las pinturas romanas, y una paleta que emplea pigmentos similares a los de época precedente aunque con menor variedad cromática. La decoración vuelve a estar ejecutada al fresco, con

posibles zonas a seco efectuadas al mezclar el pigmento con agua de cal; la superficie en esta ocasión no está espatulada en ningún caso. Probablemente sobre el estrato de mortero se aplicó una fina lechada de cal que serviría como fondo de la decoración; sin embargo, debido a la irregularidad que presenta la superficie, ésta no se habría adherido de manera homogénea. Finalmente, y a diferencia de las pinturas romanas, no se han encontrado paralelos del esquema decorativo en otros ejemplos de pintura mural de esta época, presentando una ornamentación más habitual en techos que en paredes.

Especial atención merece el estudio efectuado sobre los morteros de los cinco revestimientos murales, sobretodo en cuanto al análisis de la evolución de la técnica de ejecución se refiere, ya que éstos presentan claras diferencias en función de la época a la que pertenecen. En este sentido, las pinturas murales de época romana presentan más estratos de mortero; los ensayos efectuados han corroborado que la proporción de aglomerante aumenta y la granulometría del árido disminuye conforme más superficial es el estrato. En cuanto al resto de revestimientos, con un solo estrato, se puede hacer una clara distinción entre la pintura mural tardoantigua, con un menor espesor de mortero y una menor proporción de aglomerante, y los revestimientos medievales, con un mayor grosor y una mayor proporción de aglomerante. Asimismo, la metodología puesta a punto para este estudio ha permitido distinguir que parte de la calcita identificada corresponde al árido empleado.

El análisis de los cinco revestimientos mencionados, junto con las investigaciones realizadas por el grupo de investigación a otras pinturas murales, han posibilitado establecer unas directrices generales en cuanto a la evolución de la técnica de ejecución de la pintura mural.

En primer lugar, se observa una disminución del número de estratos de mortero que conforman el soporte de la pintura y un aumento en el grosor del último de ellos, además, el porcentaje de calcita aumenta en época medieval, encontrando su uso como aglomerante y como árido, y dando como resultado un mortero de color mucho más blanco; el primer ejemplo de este tipo de mortero, más blanco y de mayor espesor, se identificó en los revestimientos de *Qusayr Amra*, por lo que el cambio posterior en la península se puede atribuir a una influencia oriental.

En segundo lugar, la paleta cromática empleada en el mundo romano y en el mundo oriental son semejantes, aunque en la península se observa una disminución de la gama cromática conforme avanza la cronología. De esta manera, los revestimientos de época romana presentan una variada tonalidad, que se reduce en época tardoantigua para terminar en una bicromía en época califal.

En tercer lugar, mientras que en época romana la principal técnica de ejecución es el fresco utilizando, posiblemente, aglutinantes para zonas concretas, en época medieval suele emplearse el aglutinante para ejecutar la decoración, mientras que la carbonatación de la superficie actúa como refuerzo de esa acción. Entre las pinturas analizadas por el grupo de investigación, las primeras en las que se identifica el empleo de goma arábiga son, nuevamente, las de *Qusayr Amra*; en la península, en el primer periodo de arte medieval se identifica el empleo de aglutinantes sólo en algunos revestimientos, como Arrabales de Poniente y *Madīnat Ilbīra*, mientras que en otros no, como *Madīnat al-Zabrā* y los procedentes de la excavación Hospital Reina Sofía; finalmente, en la mayoría de los revestimientos posteriores, de época almohade

y nazari, sí se ha reconocido el uso de aglutinantes (García Bueno, 2000). Por otro lado, tanto la adición de paja del mortero como el pulido de la superficie no siguen un patrón fijo en su aplicación.

Por todo ello, se ratifica la hipótesis planteada por el grupo de investigación según la cual, la pintura mural hispanomusulmana presenta una influencia oriental importada por los musulmanes que vienen a la península, aunque mantiene la tradición local clásica que debía pervivir de forma clara.

En lo referente al estado de conservación que presentan los casos de estudio de esta tesis doctoral, se confirma la importancia que los tratamientos de consolidación detentan en revestimientos de procedencia arqueológica, así como la dificultad que presenta la eliminación de concreciones de carbonatos.

La realización de los ensayos de tratamientos ha permitido corroborar la idoneidad de su ejecución sobre fragmentos descontextualizados en lugar de sobre probetas efectuadas para tal efecto. Se ha comprobado la dificultad en la valoración objetiva y concluyente de los tratamientos, debido en ocasiones a la semejanza compositiva entre los tratamientos y los materiales constitutivos de la obra, así como la imposibilidad de señalar un tratamiento ideal en todos los aspectos, ya que dependiendo del requisito específico que se busque en la intervención será más favorable el uso de un tratamiento o de otro.

En el caso de los tratamientos de limpieza, se ha documentado un cambio de color claramente perceptible en todos los ensayos (se considera que valores de diferencia de color en torno a 1.0 son perceptibles por personas con visión normal del color), siendo la diferencia de claridad el parámetro que más contribuye al cambio de color, indicando que en todos los casos el tratamiento ha provocado un oscurecimiento de la capa pictórica. Los fragmentos que mayor cambio en este sentido han mostrado han sido los tratados con la papeta AB57 y con el tampón citrato (aplicado mediante *impacco* de celulosa y mediante gel rígido); respecto a la limpieza, la evaluación general de dichos tratamientos corrobora que la acción de los mismos ha sido excesiva.

Por el contrario, los agentes quelantes han sido los que mejor comportamiento general han mostrado: en el caso de la sal de EDTA- Na_4 se advierte un menor cambio de color pero también una menor eliminación de las concreciones, mientras que el ácido cítrico provoca una mayor variación en el color pero también un mayor reblandecimiento de las concreciones.

Por último, se ha apreciado una leve mejoría en los fragmentos que han sido tratados utilizando gel como agente sustentante, en lugar de *impacco* de pulpa de celulosa; el gel ralentiza la acción del tratamiento y localiza el efecto en superficie, impidiendo la penetración del tratamiento en el interior de la obra y favoreciendo el aumento del tiempo de aplicación. A pesar de todo ello, se confirma que en casos como éste en los que la capa pictórica se presenta tan deteriorada, la limpieza que mejor resultados ofrece es la de tipo mecánico, preconsolidando previamente la superficie.

En cuanto a los ensayos de consolidación se han registrado algunas diferencias en el comportamiento de los tratamientos en función de la naturaleza y del estado de conservación

de los revestimientos. En este sentido, se ha documentado una menor variación de color en los revestimientos que mayor pulverulencia inicial presentaban; una mayor absorción de agua por capilaridad en los revestimientos cordobeses, que son aquellos que habían sufrido condiciones más extremas de humedad y temperatura en su almacenaje; y, finalmente, una acumulación más en superficie de los tratamientos en los revestimientos cuya superficie está espatulada.

Por el contrario, si se analizan los tratamientos en su conjunto, independientemente del revestimiento, se ha observado que la aplicación de los consolidantes ha provocado una homogeneización del color de la capa pictórica.

La realización de los distintos ensayos ha evidenciado que el tratamiento de carbonatogénesis bacteriana presenta numerosas ventajas en cuanto a la consolidación de morteros se refiere, aunque se debe seguir trabajando y estudiando su aplicación como fijativo de la capa pictórica.

Los tratamientos nanofásicos (nanocales y nano-silicato de etilo) presentan una mejora en algunos aspectos frente a tratamientos más tradicionales, pero todavía se debe perfeccionar su forma de aplicación y la concentración del producto; en la mayoría de las ocasiones crean una capa gruesa en la superficie que tiende a craquelarse y que podría solventarse aplicando el producto a menor concentración. Finalmente, la resina acrílica y el silicato de etilo son los que han ofrecido unos resultados más equilibrados en cuanto a cambios de color y pruebas de solubilidad se refiere, aunque presentan inconvenientes como la formación de una capa impermeable en la superficie, en el caso del primero, y la difícil reversibilidad, en el caso del segundo.

No obstante, es necesario volver a recordar que dada la heterogeneidad que presentan los distintos fragmentos y la dificultad en la evaluación anteriormente señalada es difícil la valoración de los resultados de manera concluyente. Todo ello, unido a las constantes investigaciones y mejoras de productos que se vienen haciendo en los últimos años, invita a continuar con esta línea de trabajo.

A modo de conclusión final se quiere indicar que con todo este trabajo se ha perseguido contribuir al conocimiento y la conservación de las pinturas murales aquí estudiadas así como a otras de similar tipología.

CONCLUSIONI

Grazie allo studio dei materiali realizzato in questa tesi e alla ricerca bibliografica effettuata, è stato possibile constatare, in primo luogo, che i rivestimenti della Sala del Mosaico de los Amores de *Castulo* sono perfettamente conformi rispetto alle procedure descritte nei testi classici che trattano in merito alla pittura murale dell'Antichità come nel contesto della pittura murale realizzata in *Hispania* nel periodo contemporaneo. In questo modo è realizzata la stratificazione delle malte così come viene spiegata da Vitruvio; sebbene non si evidenziano tutti e sei gli strati di cui parla l'autore, si riconoscono perfettamente quattro. Anche i pigmenti identificati corrispondono alla tavolozza utilizzata nella pittura murale romana; si è constatata la presenza di *Rubricae* (ematite, ossidi di ferro rossi), *Minium secundarium* (ossido di piombo), *Creta viridis* (terra verde), *Caeruleum aegyptium* (blu egiziano), *Cretae* (bianco di calce), *Cerussa* (bianco di piombo), *Atramentum* (nero di fumo/carbone), *Elephantinum* (nero d'ossa) e *Ochrae* (ossi-idrossidi di ferro); allo stesso modo si constata la teoria proposta da Lepyk Kopaczynska secondo la quale i colori *floridi* (come il verde o il rosso di piombo) sono sovrapposti agli *austeri* (come il nero o l'ossido di ferro). Inoltre, i manufatti presentano due finiture diverse, una brillante e levigata eseguita a fresco seguendo la tecnica delle *politiones*, e una ruvida probabilmente realizzata a secco, mescolando i pigmenti con acqua di calce o qualche altro legante non identificato. Infine, per quanto riguarda lo schema decorativo, i rivestimenti presentano un pattern tripartito tipico di quel periodo: uno zoccolo con decorazione geometrica e una zona centrale composta da pannelli con filetti a doppia cornice e decorazione a punti negli angoli e riquadri interni con decorazione a lampadario; sono stati documentati numerosi esempi di questi elementi decorativi nella pittura murale della *Hispania*.

D'altra parte, i rivestimenti di epoca tardoantica presentano gli stessi materiali rispetto ai rivestimenti di epoca romana anche se utilizzati in modo diverso. Dopo l'indagine bibliografica effettuata e l'analisi di questi dipinti, è possibile affermare che la tecnica di esecuzione degli affreschi tardoantichi di *Castulo* assomiglia di più a quella di decorazioni rinvenute in ambienti ipogei di questo periodo piuttosto che alle decorazioni delle ville rurali che iniziarono ad essere costruite a partire dal III secolo d.C. I rivestimenti presentano infatti un unico strato di malta, di spessore inferiore al totale degli strati dei dipinti romani, e una tavolozza che utilizza gli stessi pigmenti del periodo precedente ma con una minore varietà cromatica. La decorazione è eseguita a fresco, con possibili aree realizzate a secco mescolando i pigmenti con acqua di calce; la superficie in questo caso non è stata spatolata. È probabile

che sullo strato di malta sia stato applicato uno strato sottile di calce come sfondo della composizione decorativa; a causa dell'irregolarità della superficie però non avrebbe aderito in modo omogeneo. Infine, a differenza dei dipinti romani, non è stato possibile trovare lo stesso schema decorativo in altri esempi di pittura murale di questo periodo, evidenziando dunque una decorazione più tipica dei soffitti piuttosto che delle pareti.

Un'attenzione particolare merita lo studio condotto sulle malte dei cinque rivestimenti murali, soprattutto in termini di analisi dell'evoluzione della tecnica di esecuzione, in quanto presentano evidenti differenze a seconda dell'epoca a cui appartengono. In questa prospettiva i dipinti murali di epoca romana presentano più strati di malta; i test effettuati hanno confermato che la percentuale di legante aumenta e la granulometria dell'aggregato diminuisce quando lo strato è più superficiale. Per quanto riguarda il resto dei rivestimenti, con un solo strato, si può fare una chiara distinzione tra la pittura murale tardoantica, con uno spessore di malta inferiore con una presenza inferiore di legante, e i rivestimenti medievali, con uno spessore maggiore e una maggiore quantità di legante. Inoltre, la metodologia sviluppata per questo studio ha messo in evidenza che una parte della calcite identificata corrisponde all'aggregato utilizzato.

L'analisi dei cinque rivestimenti citati, unita allo studio condotto dal gruppo di ricerca su altri dipinti murali, hanno permesso di stabilire delle linee generali sull'evoluzione della tecnica di esecuzione della pittura murale. Prima di tutto, è possibile osservare una diminuzione del numero di strati di malta che compongono il supporto degli affreschi e un aumento dello spessore dell'ultimo di essi; inoltre, la percentuale di calcite aumenta nel medioevo, trovando il suo uso come legante e come aggregato, e dando come risultato una malta molto più bianca; il primo esempio di questo tipo di malta, più bianca e più spessa, è stato identificato nei rivestimenti di *Qusayr 'Amra*, mettendo dunque in luce che il successivo cambiamento nella penisola può essere attribuito a un'influenza orientale. In secondo luogo, la tavolozza cromatica usata nel mondo romano e nel mondo orientale è simile, anche se nella penisola si osserva una diminuzione della gamma cromatica con il passare del tempo; in questo modo, i rivestimenti di epoca romana presentano diverse tonalità, che si riducono nella tarda antichità per arrivare poi ad una bicromia nel periodo califfale. In più, mentre in epoca romana la tecnica di esecuzione principale è l'affresco con l'utilizzo, eventualmente, di leganti per zone specifiche, in epoca medievale il legante viene solitamente utilizzato per eseguire la decorazione, mentre la carbonatazione della superficie costituisce solo un rinforzo. Tra i dipinti analizzati dal gruppo di ricerca, i primi esempi in cui viene identificato l'uso della gomma arabica sono, di nuovo, quelli di *Qusayr 'Amra*; nella penisola, nel primo periodo dell'arte medievale, l'uso di leganti è stato identificato solo in alcuni rivestimenti, come quelli di Arrabales de Poniente e *Madīnat Ilbīra*, mentre in altri non, come *Madīnat al-Zabrā* e i precedenti dello scavo Hospital Reina Sofía; infine, nella maggior parte dei rivestimenti successivi, dal periodo almohade e nasride, è stato riconosciuto l'uso di leganti (García Bueno, 2000). D'altra parte, sia l'aggiunta di paglia nella malta che la lucidatura della superficie non seguono un modello fisso nell'applicazione. Per tutte queste ragioni, è stata avanzata dal gruppo di ricerca un'ipotesi secondo la quale la pittura murale ispano-musulmana ha un'influenza orientale importata dai musulmani che arrivarono nella penisola, sebbene mantengono la tradizione locale classica che sopravviveva.

Per quanto riguarda lo stato di conservazione che presentano i casi di studio di questo

dottorato di ricerca, si conferma l'importanza dei trattamenti di consolidamento nei rivestimenti di origine archeologica, nonché la difficoltà nell'eliminazione delle concrezioni carbonatiche.

L'esecuzione delle prove di trattamento ha permesso di confermare l'idoneità della loro esecuzione su frammenti decontestualizzati invece che su provini realizzati per questo scopo. È stata verificata la difficoltà nella valutazione obiettiva e conclusiva dei trattamenti, dovuta a volte alla somiglianza compositiva tra i trattamenti e i materiali costitutivi dell'opera, così come l'impossibilità di indicare un trattamento ideale in tutti gli aspetti, poiché a seconda del requisito specifico richiesto nell'intervento l'uso di un trattamento o di un altro è risultato il metodo più valido.

Nel caso dei trattamenti di pulitura, in tutti i test è stato documentato un cambiamento di colore chiaramente percepibile (si ritiene che valori di differenza di colore intorno a 1.0 sono percepibili da persone con una visione dei colori normale), essendo la differenza di luminosità il parametro che più contribuisce al cambio di colore; è stato dunque evidenziato che in tutti i casi il trattamento ha causato un scurimento dello strato pittorico. I frammenti che hanno mostrato il cambiamento più grande sono stati quelli trattati con la miscela AB57 e con il tampone citrato (applicato sia con impacco di cellulosa sia con gel rigido); per quanto riguarda la pulitura, la valutazione generale di tali trattamenti sottolinea che la loro azione è risultata eccessiva. Al contrario, gli agenti chelanti sono stati quelli che hanno mostrato il miglior comportamento generale: nel caso del sale di EDTA- Na_4 si percepisce un cambiamento minore nel colore ma anche una azione sulle concrezioni, mentre l'acido citrico ha provocato una maggiore variazione nel colore ma anche un maggior ammorbidimento delle concrezioni. Infine, è stato denotato un leggero miglioramento nei frammenti trattati con il gel come agente di supporto, invece dell'impacco di cellulosa; il gel rallenta l'azione del trattamento e localizza l'effetto più sulla superficie, prevenendo la penetrazione del trattamento all'interno dell'opera e favorendo l'aumento del tempo di applicazione. Nonostante ciò, si conferma che in casi come questi in cui lo strato pittorico è così deteriorato, la pulitura meccanica è quella che offre i migliori risultati, previo consolidamento della superficie.

Per quanto riguarda i test di consolidamento, sono state registrate alcune differenze nel comportamento dei trattamenti a seconda della natura e dello stato di conservazione dei rivestimenti. È stata documentata una minore variazione di colore nei rivestimenti che presentavano una maggiore pulverulenza iniziale; un maggiore assorbimento di acqua per capillarità nei rivestimenti di Córdoba, quelli che hanno sofferto le condizioni più avverse di umidità e temperatura nei depositi; e, infine, un maggiore accumulo superficiale dei trattamenti nei rivestimenti che hanno la superficie spatolata. Oltre ciò, se si analizzano i trattamenti nel complesso, indipendentemente dal rivestimento, è stato osservato che l'applicazione dei consolidanti ha causato un'omogeneizzazione del colore dello strato pittorico. La realizzazione dei diversi test ha dimostrato che il trattamento della carbonatogenesi batterica presenta numerosi vantaggi nel consolidamento delle malte, sebbene si debba continuare l'analisi del trattamento come fissativo dello strato pittorico; i trattamenti nanofasici (nanocalce e nanosilicato di etile) hanno permesso un miglioramento in alcuni aspetti rispetto ai trattamenti più tradizionali, va tuttavia migliorata la loro forma di applicazione e la concentrazione del prodotto (nella maggior parte dei casi creano uno strato spesso nella superficie che tende a crettere, il che potrebbe essere risolto applicando il prodotto a una concentrazione inferiore);

infine, la resina acrilica e il silicato di etile sono quelli che hanno offerto risultati più validi in termini di cambi di colore e test di solubilità, sebbene abbiano degli inconvenienti come la formazione di uno strato impermeabile sulla superficie, nel primo caso, e l'irreversibilità, nel secondo caso.

È comunque necessario ricordare ancora una volta che data l'eterogeneità presentata dai diversi frammenti e la difficoltà della valutazione sopracitata, la valutazione dei risultati in modo conclusivo è difficile. Tutto questo, insieme alla costante ricerca e ai miglioramenti dei prodotti che sono stati fatti negli ultimi anni, ci invita a continuare su questa linea di ricerca.

Come conclusione finale, si intende indicare che con questo lavoro si è tentato di contribuire alla conoscenza e alla conservazione dei dipinti murali qui studiati e di altri di tipologia simile.





BIBLIOGRAFÍA



Detalle de la decoración de candelabro de uno de los interpaneles de la Sala del Mosaico de los Amores del Conjunto Arqueológico de Cástulo. Fotografía facilitada por el equipo de FORVM MMX.

BIBLIOGRAFÍA

- AA.VV. (1986). *Artists' Pigments* (Vol. 1). Robert L. Feller.
- Abad Casal, L. (1977). Las imitaciones de crustae en la pintura mural romana en España. *Archivo español de arqueología*, (50-51), 189-208.
- Abad Casal, L. (1982a). Apéndice III. En L. Abad Casal, *La pintura romana en España*, 568-635, Sevilla.
- Abad Casal, L. (1982b). *La pintura romana en España*. Sevilla.
- Abad Casal, L. (1982c). Aspectos técnicos de la pintura romana. *LVCENTVM* (1), 135-171.
- Abad Casal, L. (1982d). Algunas consideraciones sobre los colores y su empleo en pintura. En AA.VV., *Homenaje a Sáenz de Buruaga*, 397-406.
- Abad Casal, L. (2008). Prólogo. En A. Fernández Díaz, *La pintura mural romana de Carthago Noua. Evolución del programa pictórico a través de los estilos, talleres y obras técnicas decorativas* (19-24). Monografías MAM 2.
- Adam, J. P. (1990). *L'arte di costruire presso i romani. Materiali e Tecniche*. Biblioteca di Archeologia, (10).
- Albini, R., Bettuci, O., Borrelli, E., Macchia, A., Campanella, L. & Mazzei, B. (2012). Il consolidamento con idrossido di calce nano strutturata in ambiente ipogeo. En *X Congresso Nazionale IGIIC – Lo Stato dell'Arte*, 1-8. Roma.
- Allag, C. & Barbet, A. (1972). Techniques de preparation des parois dans la peinture murale romaine. *Mélanges de l'Ecole française de Rome. Antiquité*, 84 (2), 935-1070.
- Almagro, M., Caballero, L., Zozaya, J. & Almagro, A. (2002). *Qusayr 'Amra. Residencia y Baños Omeyas en el desierto de Jordania*. Fundación El Legado Andalusi.
- Álvarez, J., Martín, A., García Casado, P., Navarro, I. & Zornoza, A. (1999). Methodology and validation of a hot hydrochloric acid attack for the characterization of ancient mortars. *Cement and Concrete Research*, 1061-1065.
- Álvarez Galindo, J.I. & Ontiveros Ortega, E. (2006). Morteros. En E. Ontiveros Ortega, *Programa de normalización de estudios previos aplicado a bienes inmuebles*, 93-145. Junta de Andalucía.
- Aparicio Resco, P. & Figueiredo, C. (2016). El grado de evidencia histórico-arqueológica de las reconstrucciones virtuales: hacia una escala de representación gráfica. *Otarq* (1), 235-247.

- Aramidi, F., Sidoti, G. & Santopadre, P. (2013). L'identificazione del blu egiziano nelle sezioni stratigrafiche mediante fotoluminescenza. *Bolletino ICR* (27), 20-24.
- Arce Martínez, J. (1971). Conflictos entre paganismo y cristianismo en Hispania durante el s. IV. *Príncipe de Viana* (32), 245-255.
- Ar dovino, A.M. (2005). Tecnica pittorica romana repubblicana alla luce degli scavi recenti del foro di Brescia. En *Sulle pitture murali. Riflessioni, conoscenze, interventi. Atti del Convegno di Studio*, 119-124. Bressanone.
- Arias de Haro, F. (2014). Para una Arqueología del trabajo, la estratigrafía musivaria: Propuesta sobre la ejecución de la alegoría del invierno. *7 esquinas* (6), 17-19.
- Arias de Haro, F. & Gutiérrez Expósito, J.C. (2018). Hipótesis de localización del circo romano de Cástulo. Tecnología LIDAR aplicada a la Arqueología. Linares. Consultado en: <https://www.juntadeandalucia.es/cultura/agendaandaluciatucultura/evento/conferencia-hipotesis-de-localizacion-del-circo-romano-de-castulo-tecnologia-lidar-aplicada> [22/08/2018].
- Arjonilla Álvarez, M. (1992). *Las materias colorantes utilizadas en la época romana, a través de los textos clásicos. Los pigmentos minerales* (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla.
- Augusti, S. (1967). *I colori pompeiani*. De Luca Editore.
- Bagani, C. & Mariani, E. (2012). Considerazioni critiche sugli aspetti e gli sviluppi della pittura parietale in alcuni centri delle Regioni X e XI alla luce dei più recenti ritrovamenti. *Antichità Altoadriatiche* (73), 41-58.
- Baglioni, P., Carrasco Vargas, R., Chelazzi, D., Colón Gonzalez, M., Desprat, A. & Giorgi, R. (2006). The Maya site of Calakmul: in situ preservation of wall paintings and limestone using nanotechnology. *IIC Congress*, 162-169.
- Baldini, I. (2016). La città tardoantica del Mediterraneo orientale. Pratiche e modelli di organizzazione degli spazi religiosi. En M. C. Parello & M. S. Rizzo, *Paesaggi urbani tardoantichi*, 23-30. Bari: Edipuglia.
- Barba Colmenero, V. (2014). Un león en la muralla de Cástulo. *7 esquinas* (6), 135-136.
- Barbet, A. (1987). Qu'attendre des analyses des pigments? En T.H.F. Delamare, *Datation-caractérisation des peintures pariétales et murales*, 155-169. Ravello.
- Barros García, J.M. (2005). *Imágenes y sedimentos: la limpieza en la conservación del patrimonio pictórico*. Istitució Alfons el Magnànim-Diputació de València.
- Barros García, J.M. & Llano Torre, S. (2011). Utilización de ácido cítrico y EDTA en la limpieza de estructuras pictóricas. *Estudos de conservação e restauro* (3), 32-45.
- Bearat, H. (1996). Quelle est la gamme exacte des pigments romains? Confrontation des

- resultats d'anàlisi i de textos de Vitruve i de Plini. En *Proceedings of the International Workshop on Roman Wall Painting*, 11-34. Fribourg.
- Bearat, H. & Pradell, T. (1997). Contribution of Mössbauer spectroscopy to the study of ancient pigment and paintings. En H. Bearat, *Roman Wall Painting. Materials, Techniques, Analysis and Conservation. Proceedings of the International Workshop on Roman Wall Painting*, 239-256. Fribourg.
- Becerra Luna, J. (2015). Estudio comparativo entre consolidación por carbonatogénesis bacteriana y nanopartículas de hidróxido de calcio en materiales pétreos. *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide* (17).
- Berns, R.S. (2002). *Billmeyer's and Saltzman's principles of color technology*. John Wiley & Sons.
- Bisconti, F. (2006). La pittura delle catacombe e l'arte paleocristiana delle basiliche. En M. Andaloro, *L'orizzonte tardoantico e le nuove immagini*, 207-214. Jaca Book.
- Bisconti, F. (2011). Primi passi di un'arte cristiana. I processi di definizione e l'evoluzione dei significati. *Antiquité tardive: revue internationale d'histoire et d'archéologie* (19), 35-46.
- Blanco Domínguez, M., Buj Fandos, O. & Colucci, M.F. (2008). Caracterización de tratamientos de limpieza mediante microscopía confocal. *Macla. Revista de la sociedad española de mineralogía* (9), 57-58.
- Blázquez Martínez, J.M. (1965). Castulo en las fuentes histórico-literarias anteriores al Imperio. *Oretania* (21), 123-128.
- Blázquez Martínez, J.M. (1975). *Cástulo I. Acta Arqueológica Hispánica*. Madrid.
- Blázquez Martínez, J.M. (1979). *Cástulo II. Excavaciones Arqueológicas en España*. Madrid.
- Blázquez Martínez, J.M. (1991). La ciudad de Cástulo. En J.M. Blázquez Martínez, *Religiones en la España Antigua*, 199-226. Cátedra.
- Blázquez Martínez, J.M. (1997). Rafael Contreras de la Paz, fundador del Museo Monográfico de Linares, de la revista Oretania y promotor de las excavaciones de Castulo. *La cristalización del pasado: génesis y desarrollo del marco institucional de la Arqueología en España*, 599-611.
- Blázquez Martínez, J.M. (2014). Mitos del mosaico de Cástulo. *7 esquinas* (6), 109-112.
- Blázquez Martínez, J.M. (2015). La Traditio Legis de Cristo a Pedro y Pablo en un plato de vidrio de Cástulo, Linares (Jaén). *Espacio, tiempo y forma. Serie II. Historia Antigua* (28), 137-146.
- Blázquez Martínez, J.M. & García-Gelabert, M.P. (1985). El Museo Arqueológico de Linares (Jaén). *Revista de Arqueología* (49), 44-49.

- Blázquez Martínez, J.M. & García-Gelabert, M.P. (1988). *Cástulo, Jaén, España: I. Excavaciones en la necrópolis ibérica del Estacar de Robainas (s. IV a.C.)*. BAR International Series 425.
- Blázquez Martínez, J.M. & García-Gelabert, M.P. (1992). Secuencia histórica de Castulo (Linares, Jaén). *Estudios de arqueología ibérica y romana. Homenaje a Enrique Pla Ballester* (89), 391-396.
- Blázquez Martínez, J.M. & García-Gelabert, M.P. (1994). Notas acerca del urbanismo romano de Cástulo (Jaén, España). *Ktema* (19), 155-168.
- Blázquez Martínez, J.M. & García-Gelabert, M.P. (1999). *Cástulo, Jaén, España: II. El conjunto arquitectónico del Olivar*. BAR International Series 789.
- Blázquez Martínez, J.M., García-Gelabert, M.P., Rovira Llorens, S. & Sanz Nájera, M.S. (1987). Estudio de un broche de cinturón de la necrópolis de “El Estacar de Robarinas” (Cástulo, Linares). *ZEPHYRVS* (39-40), 387-396.
- Blázquez Martínez, J.M. & Valiente Malla, J. (1981). Materiales procedentes de un poblado del bronce final en Cástulo. *ZEPHYRVS* (32-33), 195-211.
- Bonsanti, G. (2002). Storia ed etica della pulitura. En *Materiali tradizionali ed innovativi nella pulitura dei dipinti e delle opere policrome mobili. Atti del Primo Congresso Internazionale Colore e conservazione, materiali e metodi nel restauro delle opere policrome mobili*, 7-15. Piazzola sul Brenta, Veneto.
- Borghini, G. (1991). *Marmi antichi*. De Luca Editori d'Arte.
- Borgioli, L. (2002). *Polimeri di sintesi per la conservazione della pietra*. Il Prato.
- Borgioli, L. & Cremonesi, P. (2005). *Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome*. Il Prato.
- Bracci, S., Realini, M., Sacchi, B., Bartolozzi, G., Patrizia, M.G., Mazzei, B. & Senserrich Espuñes, R. (2013). The cubicle “Dei Fornai” in Domitilla catacombs (Rome): non-invasive analyses for the characterization of the materials. En G. Biscontin & G. Driussi, *Proceedings of the International Congress Scienza e Beni Culturali XXIX*, 1161-1172.
- Bragantini, I. (2004). La circolazione dei temi e dei sistemi decorativi: alcune osservazioni. *Actas del IX Congreso Internacional de la Asociación Internacional pour la Peinture Murale Antique*, 21-25. Zaragoza-Calatayud.
- Brandi, C. (1977a). Carta del Restauro 1972. En C. Brandi, *Teoria del restauro*, 131-154. Torino: Piccola Biblioteca Einaudi.
- Brandi, C. (1977b). *Teoria del restauro*. Torino: Piccola Biblioteca Einaudi.
- Buess, M. (2008). *Urbanistische Untersuchungen mittels geophysikalischen Prospektionen in der iberisch-römischen Stadtanlage von Cástulo* (Tesis doctoral). Universität Bern.

- Burrafato, G., Gueli, A.M., Stella, G., Olindo Troja, S. & Zuccarello, A.R. (2007). Ruolo della calibrazione nella valutazione delle variazioni cromatiche. *Colore e colorimetria: contributi multidisciplinari*, 203-215.
- Cabrero Piquero, J. (1993). Relaciones entre una ciudad provincial y el poder romano: el caso de Castulo. *Hispania Antiqua* (37), 183-196.
- Calabria Salvador, I.M. (2013). *Las pinturas murales de la ciudad ibero-romana de Cástulo. Linares (Jaén). Estudio técnico y propuesta de diferentes sistemas de anclaje para su musealización* (Trabajo Fin de Master). Universidad Politécnica de Valencia.
- Calero Castillo, A.I., Medina Flórez, V.J., González Muñoz, M.T. & García Bueno, A. (2018). Evaluación comparativa de productos consolidantes sobre fragmentos arqueológicos de cornisa romana y yeserías de tradición islámica. *Anales de Arqueología Cordobesa* (29), 319-340.
- Calvo, A. (1997). *Conservación y Restauración: Materiales, técnicas y procedimientos de la A a la Z*. Ediciones del Serbal.
- Camaiti, M., Dellantonio, G. & Pittertschatscher, M. (2008). Restauro dello stemma affrescato del Cardinale Bernardo Cles presso il Castello del Buonconsiglio a Trento: nuove soluzioni per il consolidamento di intonaci dipinti distaccati dal supporto murario. En *XXIV Convegno di studi Scienza e Beni Culturali*, 231-241. Bressanone.
- Camerata Scovazzo, R., Villa, A., Mandina, R., Gratziu, C., Moscato, A., Ferruci, F. & Sebastianelli, M. (2005). Il restauro di due dipinti romani da Solunto conservati nel museo "A. Salinas" (PA). En *Sulle pitture murali. Riflessioni, conoscenze, interventi. Atti del Convegno di Studi*, 1213-1225. Bressanone.
- Campos López, D. & Parrilla Sánchez, J. (2008). Intervención arqueológica en el lienzo noreste de la muralla de Cástulo. En *I Congreso de Historia de Linares*, 49-63. Linares.
- Cánovas Ubera, A. (1999). Un nuevo proyecto arqueológico en Colonia Patricia Corduba. La pintura mural. *Anales de Arqueología Cordobesa* (10), 161-175.
- Capitolivm (s.f). I quattro stili della pittura Pompeiana. *CAPITOLIVM*. Consultado en: <https://www.capitolivm.it/arte-romana/i-quattro-stili-della-pittura-pompeiana/> [21/08/2019].
- Cardone, M. (2018). Decorazione delle Domus e i quattro stili della pittura pompeiana. *Mediterraneo Antico*. Consultado en: <https://mediterraneoantico.it/articoli/archeologia-classica/decorazione-delle-domus-e-i-quattro-stili-della-pittura-pompeiana/> [21/08/2019].
- Carrascosa Moliner, B. & Lorenzo Mora, F. (2012). Estudios previos en morteros tradicionales de cal para la evaluación de su comportamiento hídrico y la idoneidad de ser empleados en clima tropical. *ARCHÉ* (7), 55-62.

- Carretti, E. & Dei, L. (2004). Physicochemical characterization of acrylic polymeric resins coating porous materials of artistic interest. *Progress in Organic Coatings* (49), 282-289.
- Casal García, M.T. (2008). Características generales del urbanismo cordobés de la primera etapa emiral: el arrabal de Sâqunda. *Anejos de Anales de Arqueología Cordobesa* (1), 109-134.
- Casal García, M.T., León, A., Murillo, J.F., Sánchez, S., García, B., Vargas, S., Sánchez, I. & Pizarro, G. (2001). Informe-memoria de la intervención arqueológica de urgencia en el S.G. SS-1 (Parque de Miraflores y Centro de Congresos de Córdoba). Primera fase. *Anuario Arqueológico de Andalucía* (1), 343-356.
- Casal García, M.T., Bermúdez, J.M., León, A., González, M., Castro, E., Murillo, J.F., Vargas, S., Rodero, S., Sánchez, S., Canovas, A., García, B., Gutiérrez, M.I., León, E., Pizarro, G., Rodríguez, M.C., Salinas, E., Sánchez, I. & Soriano, P. (2003). Informe-memoria de la I.A.U. en el S.G. SS-1 (Parque de Miraflores y Centro de Congresos de Córdoba). Segunda fase. *Anuario Arqueológico de Andalucía* (1), 343-356.
- Cascioli, S., Patrizia, M. & Mazzei, B. (2011). Quando le nuove tecnologie apportano progressi la revisione della pulitura delle pitture murali dell'ipogeo degli Aureli. *Lo Stato dell'Arte* (9), 523-529.
- Casoli, A. & Santoro, S. (2012). Organic materials in the wall paintings in Pompei: a case study of Insula del Centenario. *Chemistry Central Journal* (6), 107-117.
- Castelo Ruano, R., Donate Carretero, I., López Pérez, A., Pardo Naranjo, A. & Medina, M. (2016). Las pinturas murales del espacio convivial de la villa tardorromana de El Saucedo (Talavera la Nueva, Toledo). Estudios arqueométricos. *Boletín del Museo Arqueológico Nacional* (34), 167-182.
- Castro, E. & Cánovas, A. (2009-2010). La domus del Parque infantil de Tráfico (Córdoba). *Anejos de Anales de Arqueología Cordobesa* (2), 121-140.
- Castro del Río, E., Pizarro Berengena, G. & Ruiz Lara, M.D. (2009). Actividad arqueológica puntual en el Parque Infantil de Tráfico, Avda. de la Victoria (Córdoba). *Anuario Arqueológico de Andalucía* (1), 813-829.
- Castro del Río, E., Pizarro Berengena, G. & Sánchez Ramos, I. (2006). El conjunto arqueológico del Parque Infantil de Tráfico de Córdoba. La ocupación tardoantigua del suburbium occidental de Colonia Patricia-Corduba. *Anales de Arqueología Cordobesa* (17), 103-118.
- Castro López, M. (1994). El plan especial de Cástulo. Tentativas, líneas directrices y metodología. *Cuadernos de Patrimonio. Conservación Arqueológica. Reflexiones y debate sobre teoría y práctica* (3), 76-104.
- Castro López, M. (2014a). Forum MMX nos ha reunido...7 esquinas (6), 7-9.
- Castro López, M. (2014b). Avatares constructivos de la sala del mosaico de los Amores. 7

esquinas (6), 127-128.

- Castro López, M., Arias de Haro, F., Serrano Lara, L., Martínez Carrillo, A.L., Serrano Araque, M. & Walsh, J.S.P. (2016). Cástulo in the 21st Century: A Test Site for a New Digital Information System. *Mobilizing the Past for a Digital Future: The Potential of Digital Archaeology*, 319-335.
- Ceprián del Castillo, B. & De la Torre Mendiña, J. (2010). Actividad arqueológica en el Cerro del Cortijo de los Guardas (Cástulo). Estudios de materiales ss. IV-V d.n.e. *Arqueología y Territorio Medieval* (17), 9-29.
- Ceprián del Castillo, B., Expósito Mangas, D., Soto Civantos, M. & López Rodríguez, M.P. (2014). Hallazgos monetarios para el conocimiento de la secuencia estratigráfica en Cástulo. En *XV Congreso Nacional de Numismática*, 999-1024. Madrid.
- Ceprián del Castillo, B., Repullo Roldán, C. & Alarcón Fernández, J. (2013). Broches de cinturón de tipo hispano en Cástulo: una contribución al ejército bajo imperial en Hispania. *GLADIUS. Estudios sobre armas antiguas, arte militar y vida cultural en oriente y occidente* (23), 81-112.
- Ceprián del Castillo, B. & Soto Civantos, M. (2014). Excavaciones en al área 1: Arquitectura y devenir histórico del centro de la ciudad romana. *7 esquinas* (6), 73-87.
- Ceprián del Castillo, B., Soto Civantos, M. & Expósito Mangas, D. (2016). Lucernas con menorá en Cástulo. *MEAH. Sección Hebreo* (65), 11-31.
- Choclán Sabina, C. (2008). Cástulo: radiografía de un territorio. En *I Congreso de Historia de Linares*, 29-47. Linares.
- Collado-Montero, F.J., Calero-Castillo, A.I., Melgosa, M. & Medina Flórez, V.J. (2019). Colorimetric evaluation of pictorial coatings in conservation of plasterworks from the islamic tradition. *Studies in Conservation* (64), 90-100.
- Collado-Montero, F.J. & Espejo-Arias, T. (2015). A colorimetric characterization and assessment of the chromatic deterioration of the medieval manuscript Registro Notarial de Torres in the Archives of the Royal Chancellery in Granada, Spain. *International Journal for the Preservation of Library and Archival Material* (36), 76-142.
- Contreras de la Paz, R. (1959). Historia eclesiástica de Castulo. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses* (20), 97-120.
- Contreras de la Paz, R. (1967). La cuestión del nombre. *Oretania* (25-26-27), 9.
- Contreras de la Paz, R. (2001). La obra de J.B. Erro sobre la primitiva lengua hispana y sus datos sobre Cástulo, pintoresca y falaz. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses* (178), 121-129.
- Corso, G., Gelzo, M., Sanges, C., Chambery, A., Di Maro, A., Severino, V., Dello Russo, A.,

- Piccioli, C. & Arcari, P. (2012). Polar and non-polar organic binder characterization in Pompeian wall paintings: comparison to a simulated painting mimicking an “a secco” technique. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 3011-3016.
- Costa, E., Dei, L., Giovagnoli, A. & Ioele, M. (2007). Studio di consolidanti nanometrici per il consolidamento della pellicola pittorica dei dipinti murali. En *Atti Convegno IGIIC*, 193-198. Cremona.
- Cremonesi, P. (2004a). *L'uso dei solventi organici nella pulitura di opere policrome*. Padova: Il Prato.
- Cremonesi, P. (2004b). *L'uso di tensioattivi e chelanti nella pulitura di opere policrome*. Padova: Il Prato.
- Cremonesi, P. (2011). Riflessioni sulla pulitura delle superficie policrome. *Tecniche e Tecnologie*.
- Cremonesi, P. (2012). *L'ambiente acquoso per il trattamento di opere policrome*. Padova: Il Prato.
- Cremonesi, P. (2013). Rigid Gels and Enzyme Cleaning. En M. Mecklenburg, A. E. Charola & R. Koestler, *New Insights into the Cleaning of Paintings*, 179-183. Smithsonian Institution Scholarly Press.
- Cuní, J. (2016). What do we know of Roman wall painting technique? Potential confounding factors in ancient paint media analysis. *Heritage Science*, 1-13.
- Cuní, J., Cuní, P., Eisen, B., Savizky, R. & Bové, J. (2012). Characterization of the binding medium used in Roman encaustic paintings on wall and wood. *Analytical Methods* (4), 659-669.
- Daniele, D. & Gratzu, C. (1996). Marmo e calcite spatca di vena: termini di un equivoco sull'intonaco vitruviano. *Annali della Scuola normale superiore di Pisa*, 1 (2), 541-548.
- Daniele, V., Franzoni, E., Quaresima, R., Sandrolini, F. & Taglieri, G. (2007). Risultati preliminari di trattamenti conservativi a base di nanocalce su arenarie emiliane. En *Atti del Convegno di Bressanone*, 367-374. Bressanone.
- De la Cruz Aguilar, E. (1996). Vías romanas en la Sierra de Segura. En *Actas del II Congreso Internacional de Caminería Hispánica* (1), 65-70. Morelia.
- De Maria, L. (2006). Committenza privata, committenza comunitaria e le pitture delle catacombe. En M. Andaloro, *L'orizzonte tardoantico e le nuove immagini*, 215-221. Jaca Book.
- Dei, L., Radicati, B. & Salvadori, B. (2005). Sperimentazione di un consolidante a base di idrossido di calcio nanofasico sugli affreschi della Cappella del Podestà al Museo del Bargello di Firenze. Aspetti chimico-fisici e prove di colore. *Atti del Convegno di Bressanone*, 293-302.
- Del Ordi Castilla, B., Regidor Ros, J.L. & Pasés Oviedo, T. (2010). Revisión de tratamientos de limpieza de pintura mural arqueológica. Eliminación de concreciones carbonáticas.

ARCHE (4 y 5), 73-80.

- Delamare, F. (1987a). Les terres vertes et leur utilisation en peinture murale romaine. En F. Delamare, T. Hackens & B. Helly, *Datation-Caractérisation des peintures parietales et murales*, 345-373.
- Delamare, F. (1987b). Les pigments à base d'oxydes de fer et leur utilisation en peinture pariétale et murale. En F. Delamare, T. Hackens & B. Helly, *Datation-Caractérisation des peintures parietales et murales*, 333-344.
- Doménech Carbò, M. & Yusá Marco, D. (2007). *Aspectos físico-químicos de la pintura mural y su limpieza*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Eastaugh, N. Walsh, V., Chaplin, T. & Siddall, R. (2008). *Pigment Compendium. A dictionary of Historical Pigments*. Routledge.
- Evin, A., Souter, T. Hulme-Beaman, A., Ameen, C., Allen, R., Viacava, P., Larson, G., Cucchi, T. & Dobney, K. (2016). The use of close-range photogrammetry in zooarchaeology: Creating accurate 3D models of wolf crania to study dog domestication. *Journal of Archaeological Science: Reports* (9), 87-93.
- Expósito Mangas, D., Castro López, M., Arias de Haro, F., Pedrosa Luque, J.M. & Ceprián del Castillo, B. (2015). A large glass dish from Cástulo (Linares-Jaén, Spain) with an engraved representation of Chris in Majesty. En *Annales du 20 Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, 209-212. Fribourg.
- Falde, D. (1982). *Cinco cantos a Himilce*. La Carolina.
- Famiglietti, L. & Scioscia Santoro, C. (2001). La tecnica dello stucco attraverso le fonti: tecnica d'esecuzione e caratterizzazione chimico-fisica dei materiali costitutivi. *Lo stucco. Cultura, tecnologia, conoscenza*, 19-26.
- Fernández Díaz, A. (2004). Coexistencia de modas decorativas en la pintura mural del siglo I d.C. en el sureste peninsular. La presencia de un posible taller. *Actas del IX Congreso Internacional de la Association International pour la Peinture Murale Antique*, 173-183. Zaragoza-Calatayud.
- Fernández Díaz, A. & Olcina Doménech, M.H. (2006). La decoración pictórica del posible primer apodyterium de las termas del Popilio de Lucentum (Tossal de Manises, Alicante). *Anales de Prehistoria y Arqueología* (22), 165-180.
- Fernández Puertas, A. (1997). *The Alhambra I. From the Ninth Century to Yusuf I (1354)*. Ed. Saqui.
- Flores Alés, V., Guiraúm Pérez, A. & Barrios Sevilla, J. (1997). Estudio de una selección de morteros de época romana de la provincia de Sevilla. *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio* (21), 92-97.

- Fornell Muñoz, A. (1996). Las vías romanas entre Castulo y Acci. *Florentia Iliberritana* (7), 125-140.
- ForvmMMX (2015). *Mosaico de los Amores*. Consultado en: <http://gigapan.com/gigapans/180830> [21/08/2018].
- Gago Muñiz, O. (2004). Pintura mural en el Castro de Chao Samartín. En *IX Congreso Internacional de la Association Internationale pour la Peinture Murale Antique*, 443-446. Zaragoza-Calatayud.
- Gárate Rojas, I. (1994). *Las artes de la cal*. Madrid: Dirección General de Bellas Artes.
- García Bellido, M.P. (1978). La esfinge en las monedas de Cástulo. *ZEPHYRUS* (28-29), 344-357.
- García Bueno, A. (2000). *La pintura mural hispanomusulmana. Estudio de los revestimientos del Cuarto Real de Santo Domingo, Granada* (Tesis doctoral). Universidad de Granada.
- García Bueno, A., Adroher Auroux, A., López Pertíñez, M. & Medina Flórez, V.J. (2000). Estudio de materiales y técnica de ejecución de los restos de pintura mural romana hallados en una excavación arqueológica de Guadix (Granada). *Espacio, Tiempo y Forma. Serie I. Prehistoria y Arqueología*, 253-278.
- García Bueno, A. & Medina Flórez, V.J. (1997). Estudio material y técnica de ejecución de los zócalos pintados del Cuarto Real de Santo Domingo, Granada. *Qurtuba* (2), 87-105.
- García Bueno, A. & Medina Flórez, V.J. (2001). Zócalos hispanomusulmanes en el Palacio de Orive. *Anales de la Arqueología Cordobesa* (12), 113-139.
- García Bueno, A. & Medina Flórez, V.J. (2002). Algunos datos sobre el origen de la técnica de la pintura mural hispanomusulmana. *Al-Qantara* (23), 213-222.
- García Bueno, A. & Medina Flórez, V.J. (2003). The Nasrid plasterwork at “Qubba dar al-Manjara I-Kubra” in Granada, Spain. Characterization of materials and techniques. *Journal of Cultural Heritage* (5), 75-89.
- García Bueno, A., Medina Flórez, V.J. & López Pertíñez, M. (2003). El trazado de los zócalos pintados nazaríes a partir de los restos de dibujo preparatorio. El Cuarto Real de Santo Domingo y la Alhambra de Granada. *Cuadernos de la Alhambra* (39), 9-36.
- García-Gelabert, M.P. (1987). Evolución socio-política de Cástulo: sociedad de jefatura. *LVCENTVM* (6), 29-41.
- García-Gelabert, M.P. (1991). El yacimiento arqueológico de Castulo. *Antigüedad y Cristianismo* (8), 289-304.
- García-Gelabert, M.P. & Blázquez Martínez, J.M. (1989). Consideraciones en torno a los mosaicos de cantos rodados en Castulo (Jaén). En *Mosaicos Romanos. Actas de la I mesa*

- redonda hispano-francesa sobre mosaicos romanos habida en Madrid en 1985*, 113-130. Madrid.
- García-Gelabert, M.P. & Blázquez Martínez, J.M. (1994). La importancia de Castulo (Linares) en la Alta Andalucía. En *Actas del II Congreso de Historia de Andalucía*, 331-343. Córdoba.
- García Granados, J.A. (2018). Zócalos pintados de época taifa. Criterios para su reconocimiento. En B. Sarr, *TAWA'IF. Historia y Arqueología de los reinos taifas*, 661-682. Granada.
- García Merino, C., Sánchez Simón, M. & Burón Álvarez, M. (2004). Pinturas murales de la Casa de los Plintos de Uxama. En *Actas del IX Congreso Internacional de la Association Internacionale pour la Peinture Murale Antique*, 447-450. Zaragoza-Calatayud.
- García Sandoval, J., Plaza Santiago, R. & Fernández Díaz, A. (2004). La musealización de las pinturas romanas de la Quintilla (Lorca): restauración y montaje expositivo. *Alberca: Revista de la Asociación de Amigos del Museo Arqueológico de Lorca* (2), 125-138.
- Garófano Moreno, I. (2011). Materiales orgánicos naturales presentes en pinturas y policromías. Naturaleza, usos y composición química. *Revista PH* (80), 56-71.
- Garófano Moreno, I. (2015). *Caracterización físico-química de morteros de revestimiento y pinturas murales, de época romana e islámica de la excavación arqueológica del Patio de Banderas, y cerámicas vidriadas de los siglos XI-XV, del Real Alcázar de Sevilla* (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla.
- Gelzo, M., Grimaldi, M., Vergara, A., Severino, V., Chambery, A., Dello Russo, A., Piccioli, C., Corso, G. & Arcari, P. (2014). Comparison on binder compositions in Pompeian wall painting styles from Insula Occidentalis. *Chemistry Central Journal* (8), 65-75.
- Ghedini, F., Didoné, A. & Novello, M. (2014). L'edilizia privata in età tardoantica in Cisalpina; gli aspetti strutturali e le decorazioni pavimentali e parietali. *Constantino il Grande a 1700 anni dall'Editto di Milano*, 291-316.
- Gómez Moreno, M. (1974-1975). Una de mis teorías de lazo. *Cuadernos de la Alhambra* (10-11), 10-20.
- Gómez Moreno, M. (1986). *Medina Elvira*. Granada: Grupo de Autores Unidos.
- Gómez-Villalba, L.S., López-Arce, P., Fort González, R. & Álvarez de Buergo, M. (2010). La aportación de la nanociencia en la conservación de bienes del patrimonio cultural. *Patrimonio Cultural de España* (4), 43-56.
- Gómez-Villalba, L.S., López-Arce, P., Fort González, R., Álvarez de Buergo, M. & Zornoza-Indart, A. (2011). Aplicación de nanopartículas a la consolidación del patrimonio pétreo. En AA.VV., *La ciencia y el arte III: Ciencias experimentales y conservación del patrimonio*, 39-57. Ministerio de Cultura (España).
- González-Muñoz, M.T., Jroundi, F., García-Bueno, A., Martín Peinado, B. & Rodríguez-

- Navarro, C. (2015). Bioconsolidación de materiales pétreos y ornamentales mediante carbonatogénesis bacteriana. *La Ciencia y el Arte V. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio*, 81-102.
- Gozalbes Cravioto, E. (2012). Una nueva fuente sobre Cástulo: el papiro de Artemidoro. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses* (205), 65-76.
- Grande, A. & Rodríguez Hidalgo, J.M. (2011). Itálica Futura: Documentación, Preservación e Interpretación Digital de la ciudad romana. *Virtual Archaeology Review* (4), 77-87.
- Grissom, C.A. (1986). Green Earth. En AA.VV., *Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics*, 141-168.
- Guillén Juan, C.M. & Barros García, J.M. (2012). Documentar las pruebas de limpieza: uso de bases de datos. *ARCHE* (6 y 7), 157-162.
- Guiral Pelegrín, C. (1991). Pinturas romanas procedentes del convento de San Pedro Martir (Toledo). Estudio preliminar. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología* (18), 211-225.
- Guiral Pelegrín, C. (2010). La decoración pintada del “cubículo de las estaciones” de la villa romana Dels Munts (Altafulla, Tarragona). *Espacio, Tiempo y Forma. Serie I. Nueva época. Prehistoria y Arqueología*, 127-144.
- Guiral Pelegrín, C. & Martín-Bueno, M. (1996). *Bilbilis I. Decoración pictórica y estucos ornamentales*. Zaragoza: Institución “Fernando el Católico”.
- Guiral Pelegrín, C. & Mostalac Carrillo, A. (1994a). Técnicas analíticas aplicadas al estudio de la pintura romana. *A distancia*, 93-116.
- Guiral Pelegrín, C. & Mostalac Carrillo, A. (1994b). Pictores et albarii en el mundo romano. *Artistas y artesanos en la Antigüedad clásica. Cuadernos emeritenses* (8), 139-158.
- Guiral Pelegrín, C., Fernández Díaz, A. & Cánovas Ubera, A. (2010). En torno a los estilos locales en la pintura romana: el caso de Hispania en el siglo II d.C. En *Antike malerei zwischen lokalstil und zeitstil. Akten des XI Internationalen Kolloquiums der AIPMA*, 277-293. Ephesos.
- Harley, R. (1970). *Artists' Pigments. C.1600-1835*. London Archetype Publications.
- Heras Mora, F.J. (2005). Un nuevo documento arqueológico sobre el origen del Cristianismo emeritense. La domus de la Puerta de la Villa de Mérida. *Mérida, excavaciones arqueológicas* (11), 507-533.
- Huang, M., Liu, H., Cui, G., Luo, M. & Melgosa, M. (2012). Evaluation of threshold color differences using printed samples. *Journal of the Optical Society of America A* 29(6), 883-891.
- ICOMOS (2003). Principios para la preservación, conservación y restauración de pinturas

murales. 14^a Asamblea General de ICOMOS. Victoria Falls, Zimbabwe.

- Íñiguez Berrozpe, L. (2014). Novedades en la metodología para el estudio de la pintura mural romana. En M. Martín-Bueno & J.C. Sáenz Preciado, *Modelos edilicios y prototipos en la monumentalización de las ciudades de Hispania*, 163-167. Zaragoza: Monografías arqueológicas.
- Jiménez Cobo, M. (2001). La vía romana Castulo-Saetabis. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses* (179), 101-151.
- Jiménez Morillas, Y. (2014). El posible edificio del culto imperial. Una reflexión forzosamente penúltima. *7 esquinas* (6), 89-103.
- Jroundi, F., Fernández Vivas, A., Rodríguez Navarro, C., Bedmar, E. & González Muñoz, M.T. (2010). Bioconservation of deteriorated monumental calcarenite Stone and identification of bacteria with carbonatogenic activity. *Environmental Microbiology* (60), 39-54.
- Jroundi, F., Gonzalez-Muñoz, M.T., García-Bueno, A. & Rodriguez-Navarro, C. (2014). Consolidation of archaeological gypsum plaster by bacterial biomineralization of calcium carbonate. *Acta Biomaterialia* (10), 3844-3854.
- Jroundi, F., González-Muñoz, M.T., Rodríguez-Navarro, C., Martín Peinado, B. & Martín Peinado, J. (2013). Conservation of carbonate Stone by means of bacterial carbonatogenesis: evaluation of in situ treatments. *Monument damages hardards and amp; rehabilitation technologies*.
- Koutsoudis, A., Bidmar, B., Ioannakis, G., Arnaoutoglou, F., Pavlidis, G. & Chamzas, C. (2014). Multi-image 3D reconstruction data evaluation. *Journal of Cultural Heritage* (15), 73-79.
- Kyung Kim, E., Won, J., Do, Y., Kim, S.D. & Kang, Y.S. (2009). Effects of silica nanoparticle and GPTMS addition on TEOS-based stone consolidants. *Journal of Cultural Heritage* (10), 214-221.
- Leitner, H. (2002). L'uso dei silicate nella conservazione della pittura murale dal punto di vista del restauratore. *I silicati nella conservazione. Indagini, esperienze e valutazioni per il consolidamento dei manufatti storici*, 154-174.
- Lepik-Kopaczynska, W. (1958). Colores floridi und austeri in der antiken Malerei. *Jahrbuch des Deutschen Archäologischen Instituts* (73), 79-99.
- Lepore, G. (2002). Intonaci dipinti dallo scavo della basilica paleocristiana di Bare (Narona). *Vjesnik za Arheologiju i Historiju Dalmatinsku* (94), 81-104.
- Lope Martínez, J. (2004). La pintura mural romana en Bilbilis: el II estilo en las viviendas del barrio de las termas (Calatayud, Zaragoza). En *Actas del IX Congreso Internacional de la Association Internationale pour la Peinture Murale Antique*, 185-190. Zaragoza-Calatayud.

- López Martínez, T. (2015). *Las pinturas murales de Castulo: Técnicas de ejecución y ensayos de tratamiento* (Trabajo Fin de Master). Universidad de Granada.
- López-Martínez, T., Calvo-Bartolomé, B. & García-Bueno, A. (2019). Virtual restitution of the parietal decoration in the Sala del Mosaico de los Amores. Castulo Archaeological Site (Linares, Spain). *ISPRS Archives* (XLII), 741-745.
- López Martínez, T., García Bueno, A. & Medina-Flórez, V.J. (2017). Cleaning tests. Elimination of carbonates in the wall paintings of Castulo. En *Technoheritage*, 148. Cádiz.
- López-Martínez, T.; García-Bueno, A. & Medina-Flórez, V.J. (2018). New methodology for the assessment of cleaning treatments. Applications of photogrammetry for restoration. *Journal of Cultural Heritage* (30), 177-123.
- López Martínez, T., López Cruz, O., García Bueno, A., Calero Castillo, A.I. & Medina Flórez, V.J. (2016). Las pinturas murales de Castulo. Primeras aportaciones a la caracterización de materiales y técnicas de ejecución. *LVCENTVM* (35), 155-170.
- López Monteagudo, G. (2014). El mosaico de los “Amores” de Cástulo. *7 esquinas* (6), 117-125.
- López-Montes, A., Collado-Montero, F.J., Castillo, E., Blanc, R., Campillo, D. & Espejo, T. (2017). Aging analysis of a color facsimile binding for the 14th century manuscript “registro notarial de Torres”. *Color research and application* (42), 474-485.
- López Rodríguez, M.P. (2014). La experiencia en conservación preventiva del Conjunto Arqueológico de Cástulo. *7 esquinas* (6), 29-43.
- López Rodríguez, M.P., Serrano Lara, L. & Expósito Mangas, D. (2016). Creación de la malla en el Conjunto Arqueológico de Cástulo: de la disciplina al vector. *Otarq* (1), 249-266.
- Lucas Pellicer, M.R. & Ruano Ruiz, E. (1990). Sobre la arquitectura ibérica de Cástulo (Jaén): reconstrucción de una fachada monumental. *Archivo Español de Arqueología* (63), 43-64.
- Mar, R. & Verde, G. (2008). Las villas tardoantiguas: cuestiones de tipología arquitectónica. En C. Fernández Ochoa, V. García-Entero & F. Gil Sendido, *Las villae tardorromanas en el occidente del Imperio: arquitectura y función*, 49-83.
- Marín Díaz, P. & Orfila Pons, M. (2016). La vega de Granada y sus establecimientos rurales romanos: nuevos datos sobre la zona residencial de la Villa de Gabia. *ROMVLA* (15), 283-308.
- Martínez Aguilar, L. (2000). Cástulo a través de la literatura. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses* (176), 463-516.
- Martínez Aguilar, L. (2013). Enclaves linarenses en el itinerario histórico y secuencial de Cástulo. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses* (208), 169-218.

- Masschelein-Kleiner, L. (1992). *Liants, vernis et adhésifs anciens*. Institut Royal du Patrimoine Artistique.
- Matteini, M., Moles, A., Oeter, M. & Tosini, I. (1995). Resine a scambio ionico nella pulitura dei manufatti lapidei e delle pitture murali: verifiche sperimentali e applicazioni. En *La pulitura delle superfici dell'architettura. Atti del Convegno di Studi di Bressanone*, 283-292. Bressanone.
- Mau, A. (1882). *Geschichte der dekorativen Wandmalerei in Pompeji*. Berlín.
- Mazzei, B. (2005). La conservazione delle pitture delle catacombe romane. Antichi espedienti e recenti esperienze. En M. Exner & D. Jakobs, *Klimastabilisierung und bauphysikalische Konzepte. Wege zur Nachhaltigkeit bei der Pflege des Weltkulturerbes* (65-78).
- Mazzei, B. (2013). Il cubiculo “Dei Fornai” nelle catacombe di Domitilla a Roma alla luce dei recenti restauri. *Acta XVI Congressus Internationalis Archaeologiae Christianae: Costantino e i costantinidi. L'innovazione costantiniana, le sue radici e i suoi sviluppi, 1927-1942*.
- Medina Flórez, V.J. (1992). *Zócalos nazariés en Granada. Aproximación material y estilística* (Tesis doctoral). Universidad de Granada.
- Medina Flórez, V.J. & García Bueno, A. (2001). Técnica pictórica de los zócalos nazariés: el Cuarto Real de Santo Domingo y la Alhambra de Granada. *Cuadernos de la Alhambra* (37), 9-20.
- Medina Flórez, V.J. & García Bueno, A. (2002). Metodología de la intervención de las pinturas de Qusayr 'Amra, Jordania. *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* (39), 59-68.
- Melchor Gil, E. (1994). Comunicaciones terrestres entre Corduba y Castulo: su problemática. En *Actas del II Congreso de Historia de Andalucía* (3), 453-468. Córdoba.
- Memoli, I. (2016). I «quattro stili pompeiani»: le pitture vesuviane modello di studio dell'epoca romana. *Vesuvio Live*. Consultado en: <https://www.vesuviolive.it/cultura- napoletana/archeologia-vesuvio/173090-quattro-stili-pompeiani-le-pitture-vesuviane-modello-studio-dellepoca-romana/> [21/08/2019].
- Mora, P. & Mora, L. (1974). Metodo per la rimozione di incrostazioni su pietre calcaree e dipinti murali. En G. Urbani, *Problemi di conservazione*, 339-344. Bologna.
- Mora, P., Mora, L. & Philippot, P. (2003). *La conservazione delle pitture murali* (2°ed.). Bologna: Editrice Compositori.
- Moreno Cifuentes, M. (1998). La consolidación de revestimientos murales en yacimientos arqueológicos. En *Técnicas de consolidación en pintura mural. Actas del Seminario Internacional sobre la Consolidación de pintura mural celebrado en Aguilar del Campoo (Palencia)*, 53-75. Fundación Santa María la Real. Aguilar del Campoo.

- Mostalac Carrillo, A. (1992). La pintura romana en España. Estado de la cuestión. *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte* (4), 9-22.
- Mostalac Carrillo, A. & Guiral Pelegrín, C. (1987). La pintura romana de Caesaragusta: estado actual de las investigaciones. *Boletín Museo de Zaragoza* (6), 181-196.
- Mostalac Carrillo, A. & Guiral Pelegrín, C. (1990). Preliminares sobre el repertorio ornamental del III y IV estilos pompeyanos en la pintura romana en España. *Italica: cuadernos de Trabajos de la Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma* (18), 155-174.
- Murillo Redondo, J.F., Casal García, M.T., Cánovas Ubera, A., García Matamala, B. & Salinas Pleguezuelo, E. (2009). *Informe-preliminar de la actividad arqueológica preventiva para la ampliación del Hospital Universitario Reina Sofía y la construcción del Centro de Investigación Biomédica de la UCO*. Córdoba: Gerencia de Urbanismo. Ayuntamiento de Córdoba.
- Murillo Redondo, J.F., Fuertes, M. & Luna, D. (1999). Aproximación al análisis de los espacios domésticos en la Córdoba Andalusí. En *Actas del Congreso Córdoba en la Historia: La construcción de la Urbe*, 131-154. Córdoba.
- Nicola, M. Scalesse, R. & Coluccia, S. (2006). Elaborazione ed applicazione di un sistema di pulitura per l'assottigliamento di strati di carbonatazione su superficie murale dipinta sensibile, realizzato mediante soluzioni acquose adessate a pH debolmente acido. *Lo Stato dell'Arte*.
- Nikolov, I. & Madsen, C. (2016). Benchmarking close-range structure from motion 3D reconstruction software under varying capturing conditions. En *6th International Euro-Mediterranean Conference*, 15-26. Chipre.
- Olmos Benlloch, P. (2006). La preparación de la pintura mural en el mundo romano. *Ex novo: revista d'història i humanitats* (3), 23-40.
- Orihuela, A. (2007). La casa andalusí: un recorrido a través de su evolución. *Artigrama* (22), 299-335.
- Ortega Cabezudo, M.C. (2005). Recuperación y sistematización de un registro arqueológico: las necrópolis iberas e ibero-romanas de Cástulo. *SAGVNTVM* (37), 59-71.
- Pagoni, C. (2009). Pitture parietali dalle indagini archeologiche preventive in Piazza Meda a Milano: osservazioni preliminari. En A. Corralini, *Vesuviana. Archeologie a confronto*, 565-572. Bologna.
- Parodi Álvarez, M.J. (2001). *Ríos y lagunas como vías de comunicación: la navegación interior en la Hispania romana*. Gráficas Sol.
- Pastor Muñoz, M. (1984). Aproximación al estudio de la sociedad romana de Cástulo a través de la documentación epigráfica. *ZEPHYRUS* (37-38), 341-348.
- Pérez García, A. & Fernández Díaz, A. (2005). Pintura mural romana del camino Colonia

- Romana (La Albufereta, Alicante). *ROMVLA* (4), 177-212.
- Pérez-Rodríguez, J.L., Jiménez de Haro, M.D., Siguenza, B. & Martínez-Blanes, J.M. (2015). Green pigments of Roman mural paintings from Seville Alcazar. *Applied Clay Science* (116-117), 211-219.
- Piranomonte, M. (2014). *Via flaminia. Villa di Livia*. Milano.
- Plinio. *Historia natural de Cayo Plinio Segundo*. XXXV. De la pintura, colores y pintores. Traducida y anotada por F. Hernández & J. de Huerta. VISOR. 1998. Madrid.
- Prestileo, F., Bruno, G., Alberghina, M.F., Schiavone, S. & Pellegrino, L. (2007). I mosaici della villa romana del Casale di Piazza Armerina: il contributo delle indagini colorimetriche per la stesura del protocollo di intervento. *Colore e Colorimetria contributi multidisciplinari. Quaderni di Fotonica e Ottica*, 45-55.
- Prisco, G. (2013). Técnica ejecutiva e conservación de las pinturas murales de época romana. El debate entre finales del '800 y primera mitad del '900. *Bollettino ICR* (27), 50-69.
- Raehlmann, E. (1910). *Über die Maltechnik der Alten*. Berlin: Georg Reiner.
- Rallo Gruss, C. (1998). Los zócalos nazaries, ¿accidente o necesidad? *Anales de Historia del Arte* (8), 47-66.
- Rallo Gruss, C. (1999). *Aportaciones a la técnica y estilística de la Pintura Mural en Castilla a final de la Edad Media* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid.
- Rallo Gruss, C. (2003). La pintura mural hispano-musulmana ¿Tradición o innovación? *Al-Qantara* (24), 109-137.
- Rallo Gruss, C. & Parra Crego, E. (1998). Hispano-Muslim wall paintings. *Studies in Conservation* (43), 5-9.
- Ramallo Asensio, S., Martínez Rodríguez, A., Fernández Díaz, A. & Ponce García, J. (2005). La villa romana de la Quintilla (Lorca, Murcia): análisis de su programa decorativo y ornamental. En *IX Colloque International sur l'étude de la Mosaïque Antique et médiévale*, 1001-1021. Roma.
- Rey Arrans, J., Martínez López, J., Dueñas Molina, J., Campos López, D., Arias de Haro, F. & Benavente Herrera, J. (2010). La tomografía eléctrica aplicada a la investigación del yacimiento arqueológico de Cástulo (Linares, Jaén). Resultados preliminares. *Geogaceta* (48), 219-222.
- Riederer, J. (1997). Egyptian Blue. En E. West Fitzhugh, *Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics*, 23-46.
- Rigaglia, D., Romè, V., Caporossi, L., Zanini, A., Brunetto, A., Di Tullio, V., Luvidi, L., Catelli, E. & Mazzeo, R. (2017). L'impiego della strumentazione laser Long Q-Switching

- nella pulitura degli affreschi di Antonio da Viterbo detto il Pastura nel Tarquinia. En *Applicazioni laser nel restauro*. Florencia.
- Rodorico, L. & Baglioni, P. (2001). Nuevo método para la consolidación de pinturas murales basado en dispersión de cal viva en alcohol. *PH Boletín* (34), 58-63.
- Rodríguez Gordillo, J.M. (2005). Morteros como elementos de estudio en Arqueología-Arqueometría Medieval. En AA.VV., *Arqueometría y arqueología medieval*, 171-192.
- Rosado Llamas, M.D. (2015). Cástulo en las fuentes geográficas árabes: evidencias de un santuario altomedieval en su territorio. *Arqueología y Territorio Medieval* (22), 9-22.
- Rudela Cárdenas, A.R., Ruiz Torres, M.J. & Liétor Gallego, J. (2014). Aproximación a la fauna malacológica del yacimiento arqueológico de Cástulo (Linares, Jaén, España). *7 esquinas* (6), 21-27.
- Rueda Galán, C, García Luque, A., Ortega Cabezudo, C. & Rísquez Cuenca, C. (2008). El ámbito infantil en los espacios de culto de Cástulo (Jaén, España). *Nasciturus, infans, puerulus vogis mater terra: la muerte en la infancia*. Diputació de Castelló.
- Ruiz López, I.D. (2012). Acuñaciones monetarias en la provincia de Jaén durante el periodo romano-republicano. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses* (206), 239-270.
- Salvadori, M., Tiussi, C. & Villa, L. (2010). Il sistema di decorazione parietale della basilica tardoantica di Aquileia: nuovi spunti. En G. Cuscito, *La Basilica di Aquileia: storia, archeologia ed arte*, 187-204.
- San Andrés, M. & de la Viña, S. (2004). *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Ed. Síntesis.
- Sánchez López, A., Infante Limón, E. & Valiente Romero, A. (2012). La ermita de Santa Eufemia (Cástulo), un caso de experiencia tutelar del patrimonio arqueológico a mediados del siglo XVIII. *Arqueología y Territorio Medieval* (19), 147-166.
- Sánchez Velasco, J. (2018). *El edificio cristiano de Cástulo*. Conferencia presentada en el Museo Arqueológico de Linares.
- Santini, E., Buxeda I Garrigós, J., Cau Ontiveros, M. & Gurt I Esparraguera, J. (2002). Les pintures murals de la basilica paleocristiana de “Es cap des port” (Fornells, Menorca): Materials i tècniques. *Pyrenae* (33), 261-280.
- Santos Navarrete, M., Bellón Cazabán, E., Fernández Ruiz, E., Ferreras Romero, G., Sameño Puerto, M., Martín García, L. & Franquelo Zoffman, M.L. (2000). Intervención en patrimonio documental “Carta de privilegio con sello de cera pendiente” (1303) Ayuntamiento de Carmona. *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio* (33), 48-56.
- Soriano, P. & Bosch, L. (2008). Análisis mediante abrasímetro lineal de la resistencia de pinturas murales al seco arrancadas y consolidadas por el reverso con resinas epoxi.

ARCHE (3), 25-32.

Strano, S. (2005). En torno a las catacumbas cristianas de Roma: historia y aspectos iconográficos de sus pinturas. *Boletín de Arte* (26-27), 17-35.

Stulik, D., Miller, D., Khanjian, H., Khandekar, N., Wolbers, R., Carlson, J. & Petersen, W. (2004). *Solvent Gels for the Cleaning of Works of Art. The residue Question*. The Getty Conservation Institute.

Tapete, D., Fratini, F., Mazzei, B., Cantisani, E. & Pecchioni, E. (2013). Petrographic study of lime-based mortars and carbonate incrustation processes of mural paintings in Roman catacombs. *Periodico di Mineralogia* (82), 503-527.

Torres Balbás, L. (1942). Los zócalos pintados en la arquitectura hispanomusulmana. *Al-Ándalus* (2), 121-149.

Torres Balbás, L. (1949). *Ars Hispaniae. Historia universal del arte hispánico IV. Arte almohade-arte nazarí-arte mudéjar*. Editorial Plus Ultra.

Vargas Vázquez, S. (2013). Pavimentos musivos del yacimiento romano de Fuente Álamo (Puente Genil, Córdoba): Los mosaicos del Balneum. *ROMVLA* (12-13), 349-378.

Varone, A. & Bearat, H. (1996). Pittori romani al lavoro. Materiali, strumenti, tecniche: evidenze archeologiche e dati analitici di un recente scavo pompeiano lungo via dell'Abbondanza (Reg. IX Ins. 12). En *Proceedings of the International Workshop on Roman Wall Painting*, 199-214. Fribourg.

Vázquez, E. & Bueno, J. (2015). Protocolo de actuación para el análisis del patrimonio documental y bibliográfico desde el aula de restauración de obra gráfica de la Facultad de Bellas Artes, Universidad de Sevilla. En *Estudio y Conservación del Patrimonio Cultural. Actas Málaga*, 115-118. Málaga.

Vega Blázquez, M. (2004). *Tríptico de Cástulo*. Diputación Provincial de Jaén.

Ventura Francisco, S. (2012). El centro de Andalucía entre los siglos V y VII: de las ciudades herederas de Roma a las sedes episcopales hispanovisigodas. *Habis* (43), 233-247.

Vitruvio Polión, M. *Los diez libros de Arquitectura*. VII. Cicon ediciones, 1999. Cáceres.

Vlad Borrelli, L. (2015). *La pittura murale nell'antichità*. Storia, tecniche, conservazione. Roma: Viella.

TOMO 2

ANEXOS



Detalle de uno de los calcos de la restitución de la decoración realizado a las pinturas murales de época tardoantigua de *Castulo*.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

- Conjunto Arqueológico de Cástulo
- Pinturas murales de época romana de *Castulo*
- Pinturas murales de época tardoantigua de *Castulo*
- Pinturas murales de época romana de Córdoba
- Pinturas murales de época emiral de Córdoba
- Pinturas murales de época califal de Córdoba

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

- Registro de muestras analizadas
- Resultados de las muestras analizadas
- Difracción de rayos X
- Identificación de la relación aglomerante-árido
- Estudio granulométrico

ANEXO 3 - EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

- Evaluación de los ensayos realizados agrupados por fragmentos
- Estudio colorimétrico

ANEXO 4 - EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

- Documentación fotográfica
- Test de solubilidad
- Ensayo de absorción de agua por capilaridad
- Evaluación textural y elemental mediante HRSEM
- Estudio colorimétrico

ANEXO 5 - FICHAS TÉCNICAS



The background features a complex abstract design. On the left, there are stylized green and yellow leaves against a black background. The rest of the page is filled with vertical stripes in teal, red, and light beige, overlaid with irregular, white, torn-paper-like shapes.

ANEXO 1

**DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y
FOTOGRAFICA**



Detalle de un calco digital realizado a la decoración de uno de los interpaneles de la Sala del Mosaico de los Amores de *Castulo*.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DE CÁSTULO



Imagen aérea del Conjunto Arqueológico de Cástulo. Fotografía de Manuel Martínez García, 2011.



Imagen aérea del Conjunto Arqueológico de Cástulo. Web oficial del Exmo. Ayto. de Linares. Área de turismo. (esTRESd.com)

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DE CÁSTULO



Fotografía aérea tomada de Google Maps del Conjunto Arqueológico de Cástulo.
Localización del área 1 y del área 2.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DE CÁSTULO

ÁREA 1



Ortografía del área 1, octubre de 2012
Fotografía: Topo Sur S.L.
Pérez Bareas, C. (2014). Depósitos arqueológicos, sucesión estratigráfica y fases de ocupación. *7 esquinas* (6), 61-72.



Hipótesis de la planimetría general del área 1 en el siglo II.
Ceprían del Castillo, B. & Soto Civantos, M. (2014). Excavaciones en el área 1: Arquitectura y devenir histórico del centro de la ciudad romana. *7 esquinas* (6), 73-87.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DE CÁSTULO

ÁREA 2



Planimetría del área 2 con la localización de algunos de los fragmentos estudiados de los revestimientos de época tardoantigua (01-05) y de época romana (06-25) del Conjunto Arqueológico de Cástulo. Planimetría facilitada por el equipo FORVM MMX.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE CASTVLO



Primera recreación virtual realizada por el equipo de FORVM MMX de la Sala del Mosaico de los Amores

Detalle del Mosaico de los Amores



Interior de la Sala del Mosaico de los Amores



Exterior de la Sala del Mosaico de los Amores



Detalle del exterior de la cubierta de la Sala del Mosaico de los Amores

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE CASTVLO



Detalle de la decoración de candelabro de uno de los interpaneles en el momento de su extracción. Fotografía facilitada por el equipo de FORVM MMX.



Revestimientos de la Sala del Mosaico de los Amores en el momento de su extracción. Fotografía facilitada por el equipo de FORVM MMX.



Derrumbe del muro oeste de la Sala del Mosaico de los Amores. Fotografía facilitada por el equipo de FORVM MMX.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE CASTVLO



Estado de conservación inicial de los revestimientos de la Sala del Mosaico de los Amores

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE CASTVLO



Detalle de los últimos tres estratos de mortero y de la fina capa de cal existente entre el segundo y el tercer estrato



Detalle de la adición de paja en el mortero



Detalle del sistema de agarre entre los distintos estratos de mortero

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

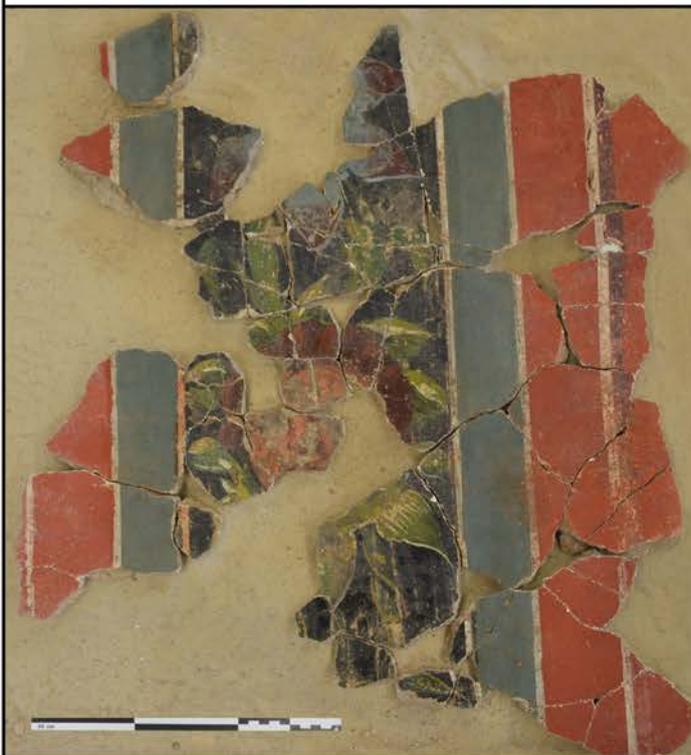
PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE *CASTULO*



Detalles de los distintos dibujos preparatorios identificados. Fotografías generales (izquierda) de las fotografías de detalle (derecha) incluidas en el apartado “3.1. Pinturas murales romanas de *Castulo*”.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE *CASTVLO*



Decoración de uno de los interpaneles con motivos vegetales.



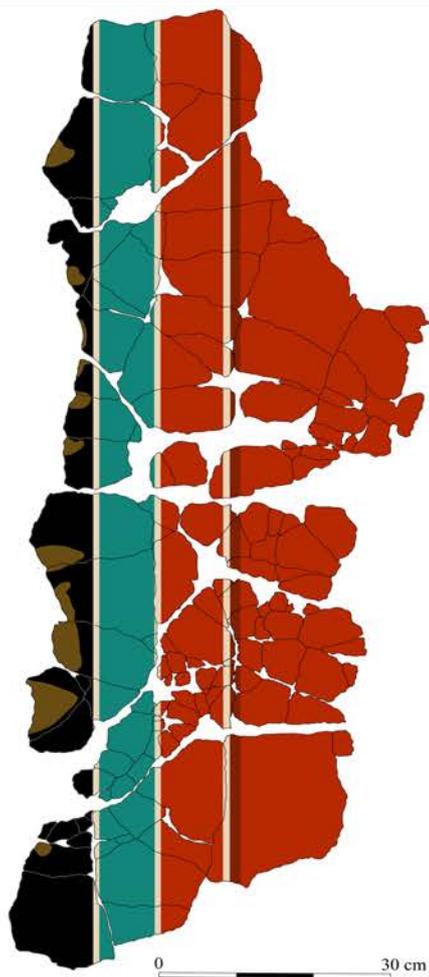
Decoración de uno de los interpaneles con candelabros metálicos.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE *CASTVLO*



Calco digital de la decoración de uno de los interpaneles con motivos vegetales.



Calco de la decoración de uno de los interpaneles con candelabros metálicos.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE CASTVLO



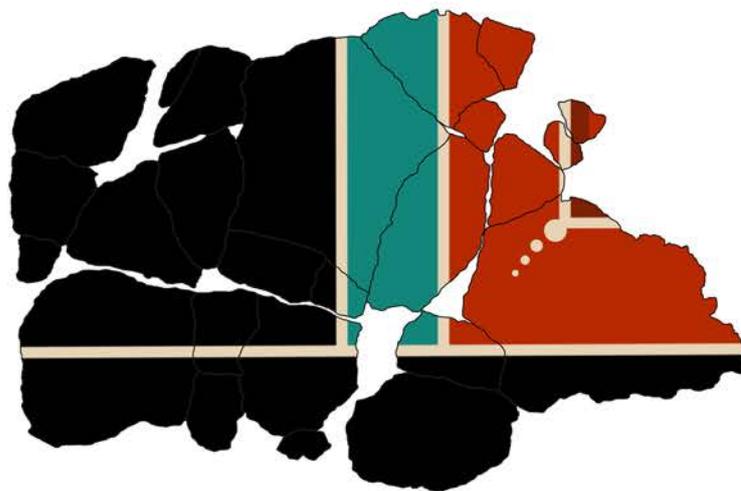
Decoración de los filetes de encuadramiento y de los puntos de decoración de los ángulos



Calco de la decoración del zócalo y de parte de los paneles rojos

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE CASTVLO



0 30 cm

Calco digital de la decoración de los filetes de encuadramiento y de los puntos de decoración de los ángulos

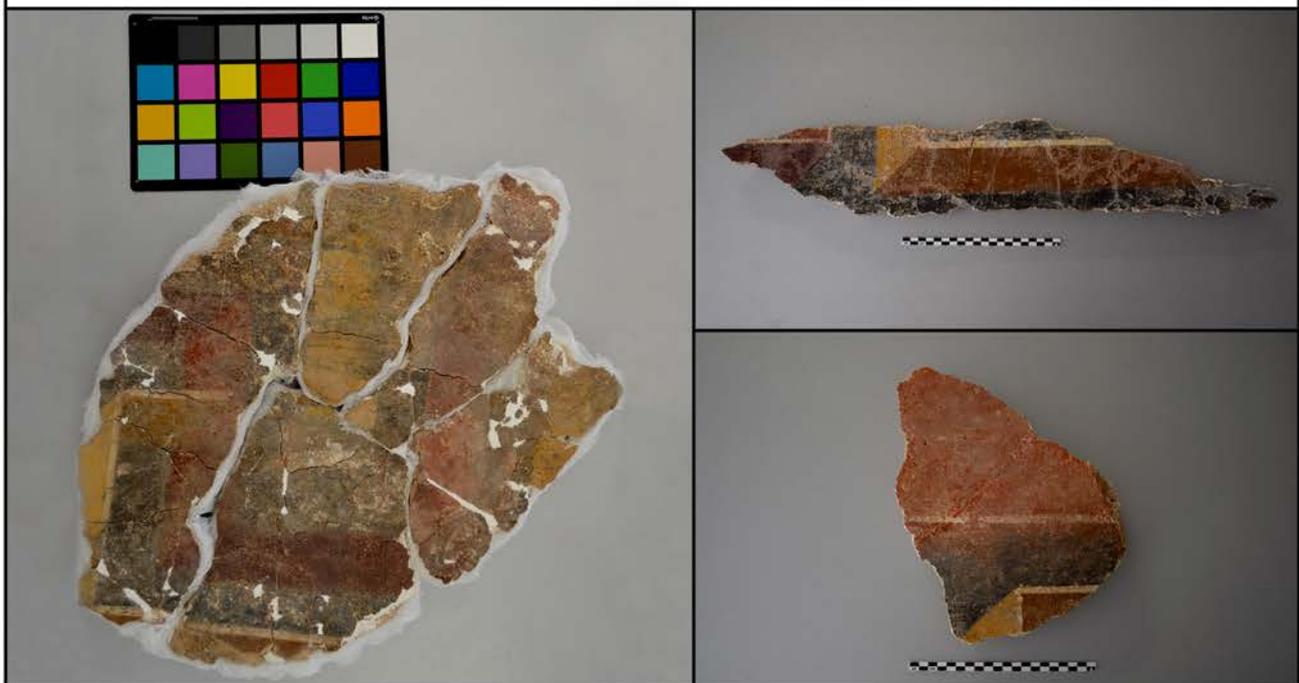


0 30 cm

Calco de la decoración del zócalo y de parte de los paneles rojos

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE *CASTVLO*



Fragmentos pertenecientes al zócalo



Fragmento perteneciente a la parte superior de la estancia

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE CASTVLO



Fragmentos pertenecientes a la decoración de los interpaneles



Fragmentos correspondientes a la decoración de imitación a mármol

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

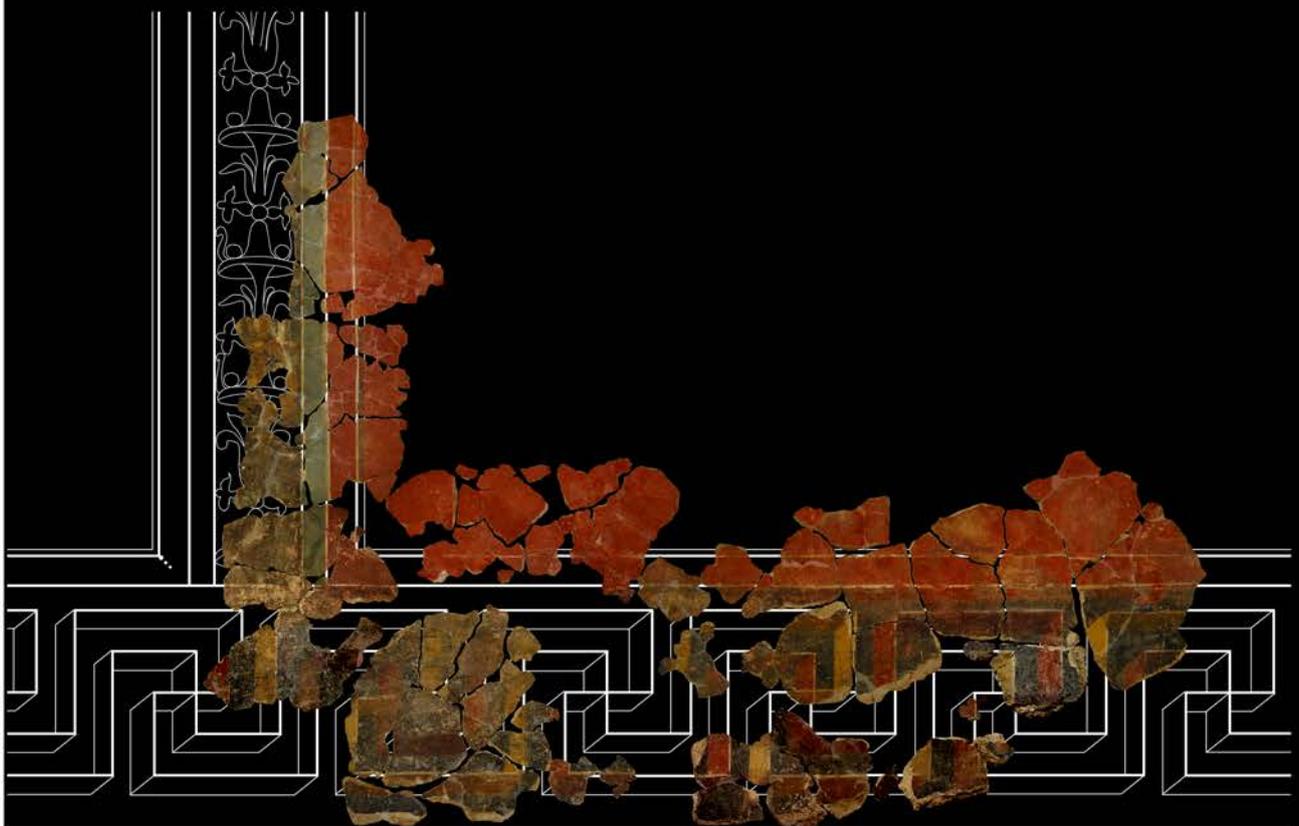
PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE CASTVLO



Restitución virtual de algunos de los fragmentos restaurados dentro del esquema decorativo de la Sala del Mosaico de los Amores

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE *CASTVLO*



0 50 cm

Restitución virtual de algunos de los fragmentos restaurados del muro oeste de la Sala del Mosaico de los Amores

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA TARDOANTIGUA DE CASTULO



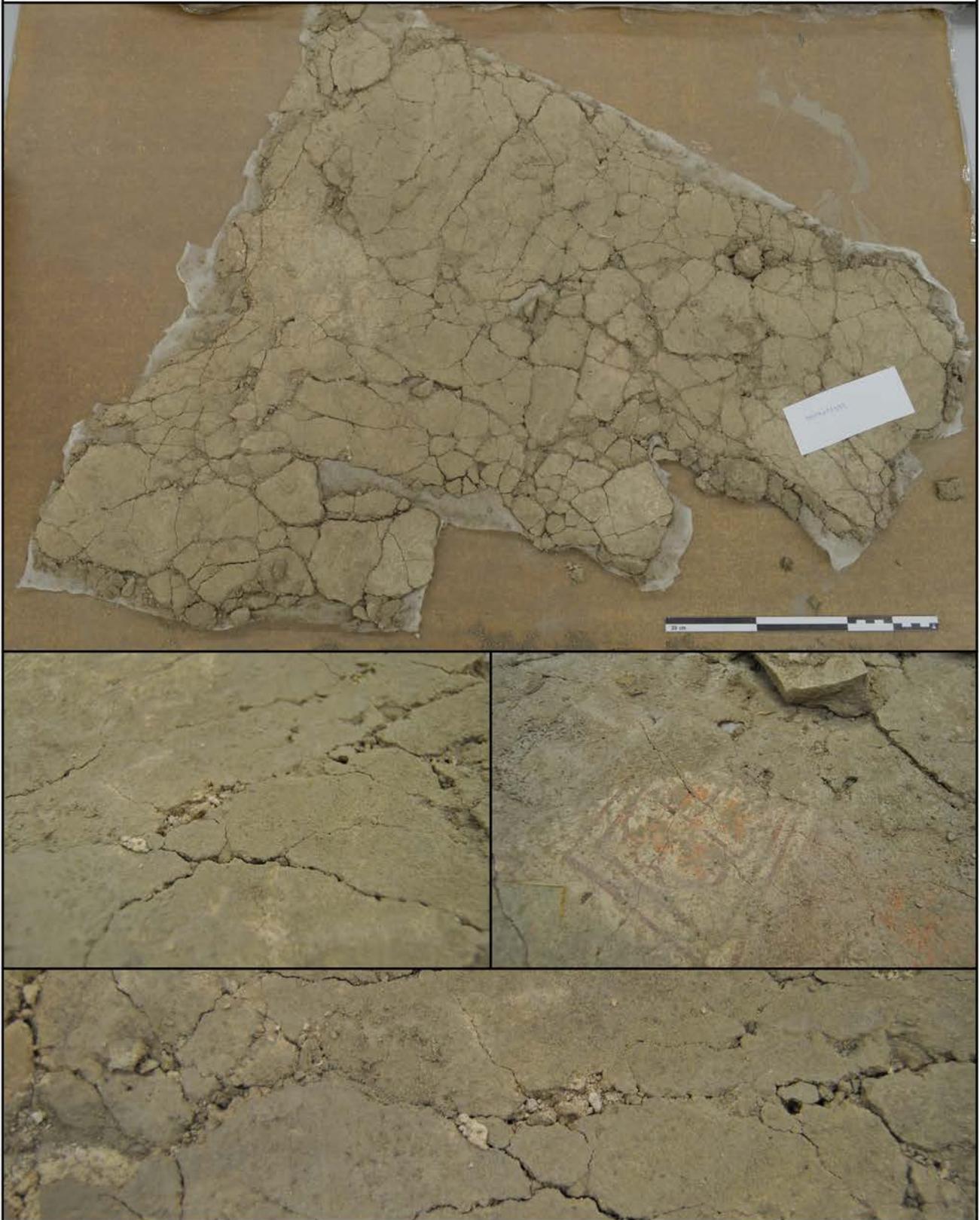
Momento de la extracción de uno de los paños de pintura mural de época tardoantigua. Fotografía facilitada por el equipo de FORVM MMX.



Estado inicial de otro de los paños de los revestimientos de época tardoantigua de *Castulo*

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA TARDOANTIGUA DE CASTVLO



Estado inicial de conservación de los revestimientos tardoantiguos

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA TARDOANTIGUA DE CASTVLO



Espesor del mortero de los revestimientos tardoantiguos



Sistema de agarre de los revestimientos de época tardoantigua

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA TARDOANTIGUA DE CASTVLO



Detalles de la decoración de las pinturas murales de época tardoantigua

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA TARDOANTIGUA DE CASTVLO



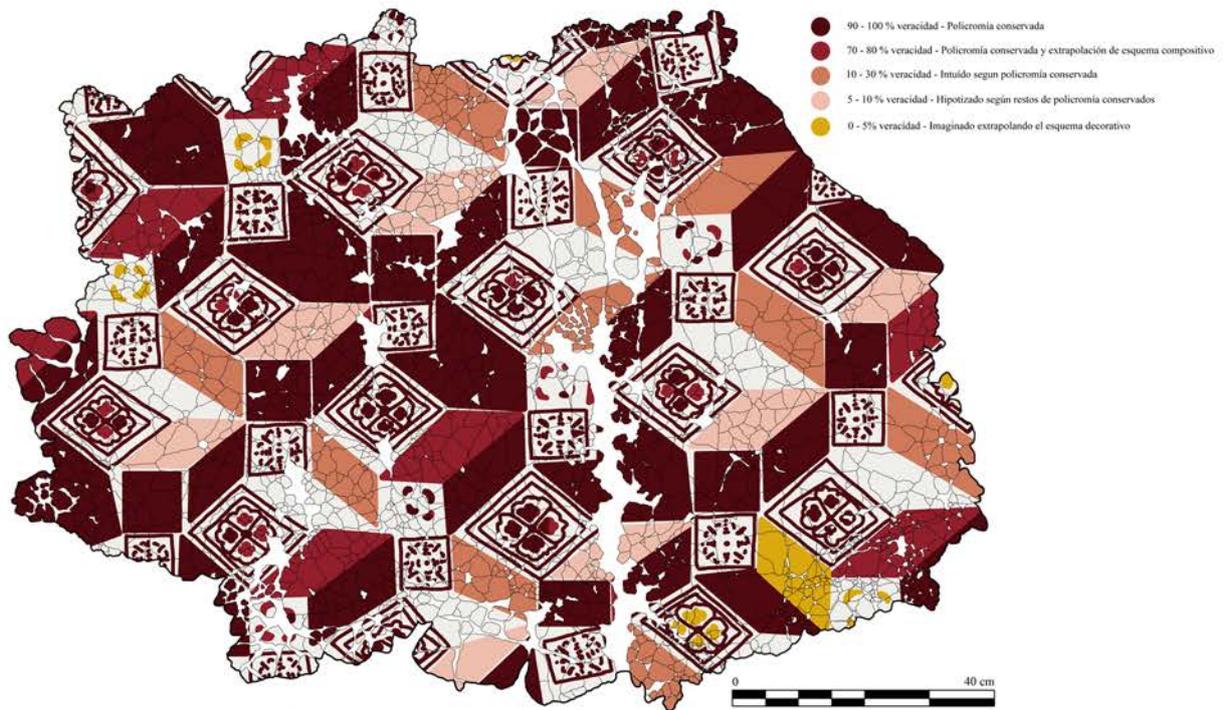
Paño de pintura mural de época tardoantigua



Calco digital de la policromía conservada en el paño de pintura mural de época tardoantigua

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA TARDOANTIGUA DE *CASTVLO*



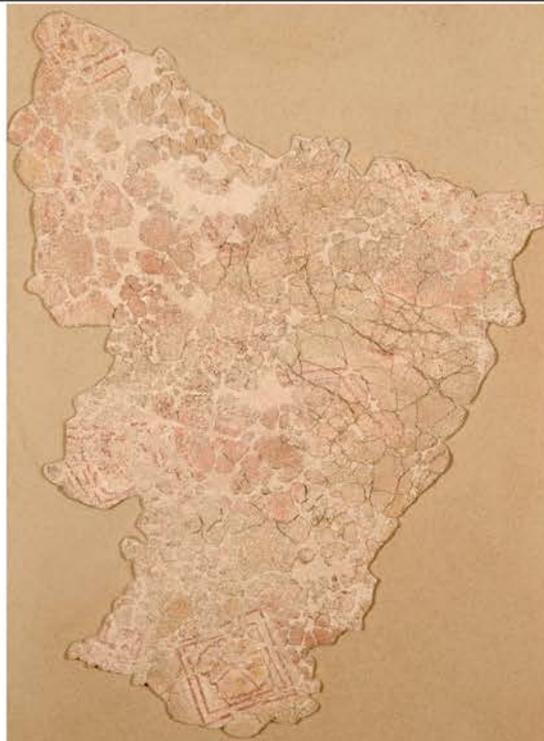
Escala de veracidad de la reconstrucción virtual de la decoración



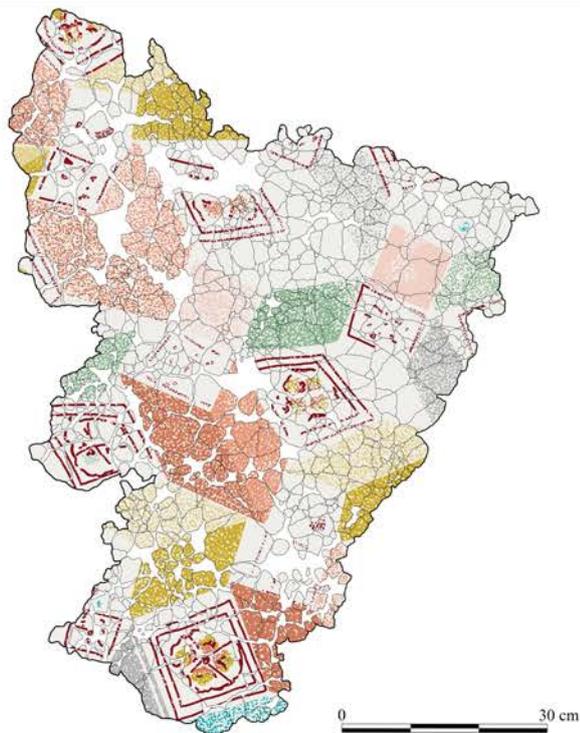
Calco digital de la policromía conservada en el paño de pintura mural de época tardoantigua

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA TARDOANTIGUA DE CASTVLO



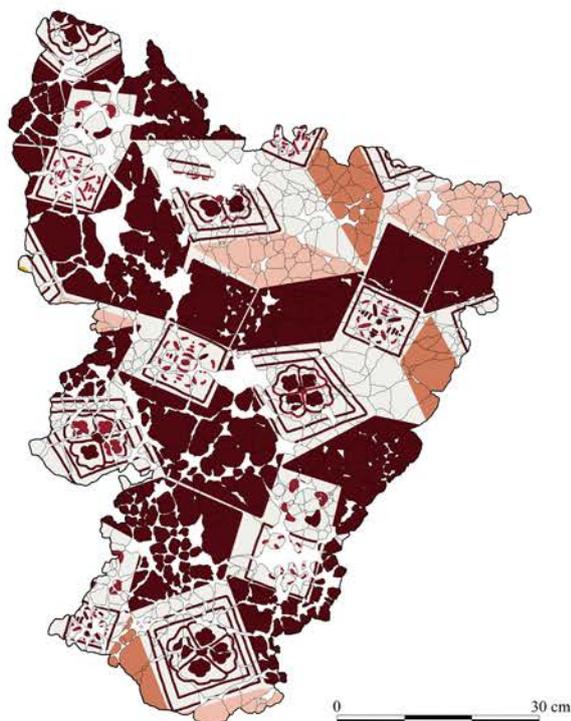
Paño de pintura mural de época tardoantigua



Calco digital de la policromía conservada en el paño de pintura mural de época tardoantigua

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA TARDOANTIGUA DE *CASTVLO*



Escala de veracidad de la reconstrucción virtual de la decoración



Calco digital de la policromía conservada en el paño de pintura mural de época tardoantigua

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA ROMANA DE CÓRDOBA



Plano general de la fase altoimperial de la excavación de Parque Infantil de Tráfico. Castro del Río, E., Pizarro Berengena, G. & Ruíz Lara, M.D. (2009). Actividad arqueológica puntual en el Parque Infantil de Tráfico, Avda. de la Victoria (Córdoba). *Anuario Arqueológico de Andalucía* (1), 121-140.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA EMIRAL DE CÓRDOBA



Zona media de la pared del triclinio.
Castro del Río & Canovas Ubera
(2009-2010). La Domus del Parque
Infantil de Tráfico (Córdoba).
*Anejos de Anales de Arqueología
Cordobesa* (2), 121-140.



Zona media de la pared del triclinio.
Castro del Río & Canovas Ubera
(2009-2010). La Domus del Parque
Infantil de Tráfico (Córdoba).
*Anejos de Anales de Arqueología
Cordobesa* (2), 121-140.



Zona media de la pared del triclinio.
Castro del Río & Canovas Ubera
(2009-2010). La Domus del Parque
Infantil de Tráfico (Córdoba).
*Anejos de Anales de Arqueología
Cordobesa* (2), 121-140.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA EMIRAL DE CÓRDOBA



Situación de las tres zonas intervenidas en la excavación de Miraflores
Casal García, M.T. (2008). Características generales del urbanismo cordobés de la primera etapa emiral: el arrabal de Saqunda. *Anejos de Anales de Arqueología Cordobesa* (1), 109-134.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA EMIRAL DE CÓRDOBA



Fotografía aérea de la Zona A de la excavación de Miraflores.

Casal García, M.T. et al. (2003). Informe-memoria de la I.A.U. en el S.G. SS-1 (Parque de Miraflores y Centro de Congresos de Córdoba). Segunda fase. *Anuario Arqueológico de Andalucía* (1), 343-356.

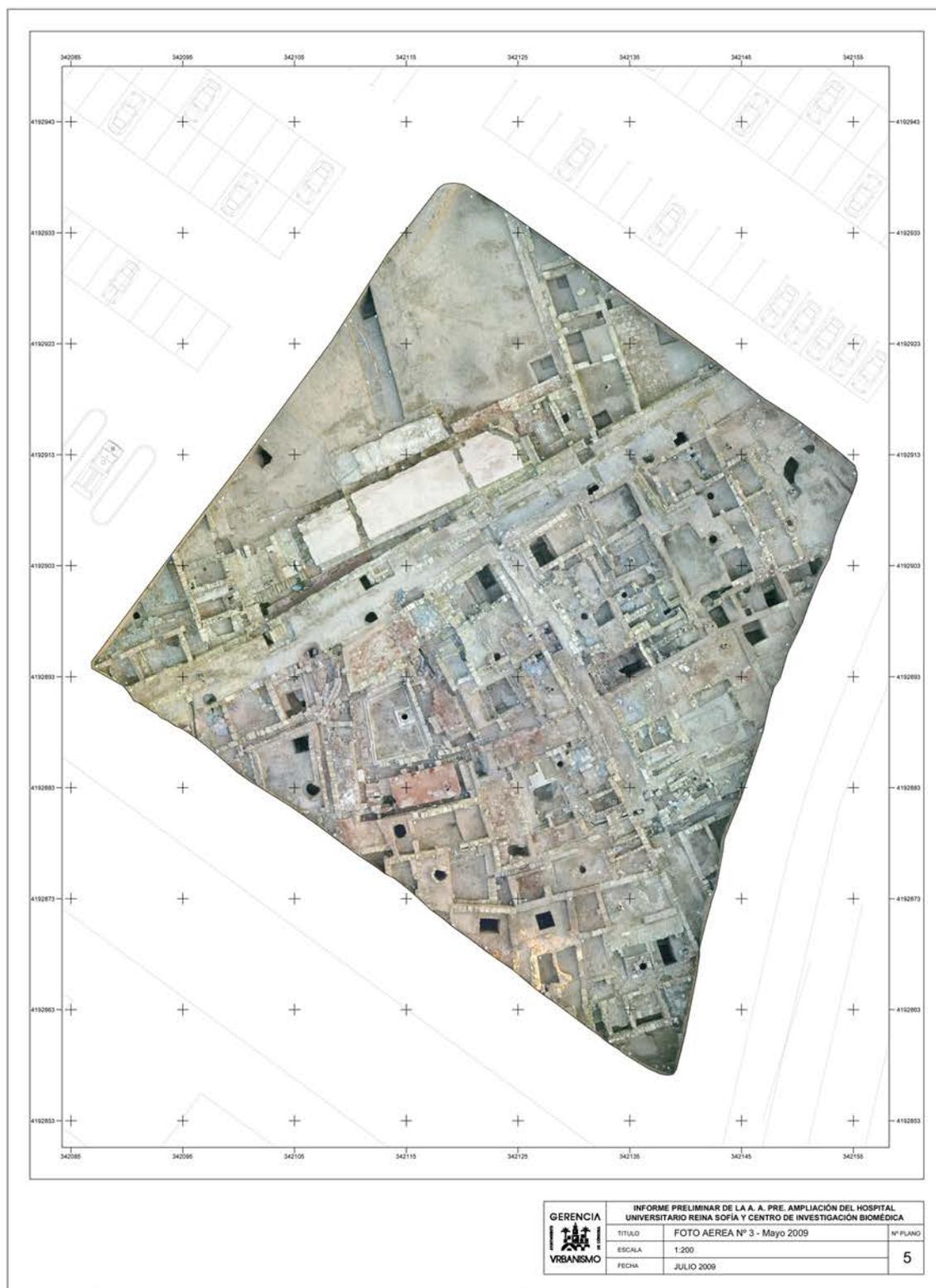


Vista de la calle y diversos espacios documentados en la zona A de la excavación de Miraflores.

Casal García, M.T. et al. (2003). Informe-memoria de la I.A.U. en el S.G. SS-1 (Parque de Miraflores y Centro de Congresos de Córdoba). Segunda fase. *Anuario Arqueológico de Andalucía* (1), 343-356.

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA CALIFAL DE CÓRDOBA



Fotografía aérea de la excavación de Hospital Reina Sofía.

Murillo Redondo, J. et al. (2009). *Informe-preliminar de la actividad arqueológica preventiva para la ampliación del Hospital Universitario Reina Sofía y la construcción del Centro de Investigación Biomédica de la UCO.*

ANEXO 1 - DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA

PINTURAS MURALES DE ÉPOCA CALIFAL DE CÓRDOBA



Derrumbe de los revestimientos de época califal. U.E. 649..

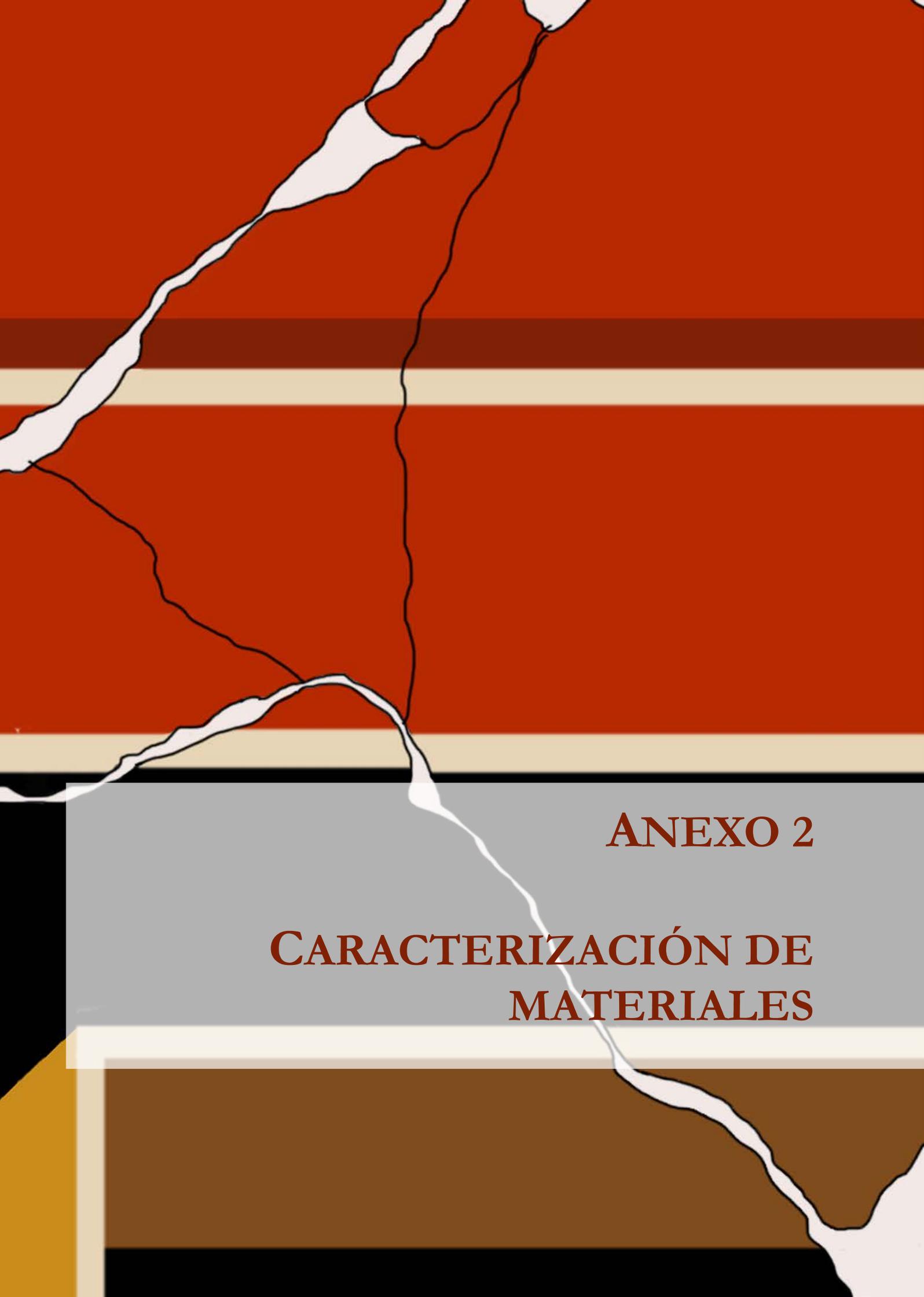
Murillo Redondo, J. et al. (2009). *Informe-preliminar de la actividad arqueológica preventiva para la ampliación del Hospital Universitario Reina Sofía y la construcción del Centro de Investigación Biomédica de la UCO.*



Detalle de los revestimientos en el momento de su extracción.

Murillo Redondo, J. et al. (2009). *Informe-preliminar de la actividad arqueológica preventiva para la ampliación del Hospital Universitario Reina Sofía y la construcción del Centro de Investigación Biomédica de la UCO.*



The background features a series of horizontal stripes in shades of red, brown, and beige. A prominent white, irregular shape resembling a crack or a stylized map outline runs vertically across the center, starting from the top and extending towards the bottom. The text is overlaid on a light gray rectangular area in the lower half of the page.

ANEXO 2

**CARACTERIZACIÓN DE
MATERIALES**



Detalle de un calco digital realizado a la decoración del zócalo de la Sala del Mosaico de los Amores de *Castulo*.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

REGISTRO DE MUESTRAS

CASTVLO ROMANAS - R

Muestra	Muestra sin preparar		Probeta pulida		Lámina delgado-pulida		DRX	Aglutinantes
	Microscopio estereoscópico	SEM	Microscopio estereoscópico	SEM	Microscopio óptico	SEM		
R1 Naranja	x	x			x	x		
R2 Verde	x	x			x	x		
R3 Azul	x				x			x
R4 Azul	x	x			x	x		
R5 Verde	x				x			x
R6 Verde	x	x			x	x		
R7 Rojo	x	x	x	x				
R8 Rojo	x	x	x	x				
R9 Blanco	x	x	x	x				
R10 Negro	x	x	x	x				
R11 Verde-rojo	x	x			x	x		
R12 Mármol	x	x	x	x				
R13 Mármol	x	x	x	x				
R14 Blanco	x	x	x	x				
R15 Naranja	x	x	x	x				
R16 Azul	x	x	x	x				
R17 Verde	x	x			x	x		
R18 Verde	x	x	x	x				
R19 Naranja	x	x	x	x				
R20 Mármol	x	x	x	x				
R21 Rojo	x				x	x	x	
R22 Verde	x				x	x	x	
R23 Mortero	x						x	
R24 Rojo	x				x	x		
R25 Rojo y blanco	x				x	x		
R26 Pardo	x				x	x		
R27 Ocre	x				x	x		
R28 Ocre	x				x	x		
R29 Pardo	x							
R30 Ocre	x							
R31 Negro	x							
R32 Rojo	x						x	
R33 Negro	x							
R34 Verde	x				x	x		
R35 Verde	x							
R36 Rojo	x							
R37 Rojo	x							
R38 Rojo	x				x	x	x	
R39 Rojo	x							
R40 Rojo	x				x			x
R41 Verde	x				x			x

Muestra	Muestra sin preparar		Probeta pulida		Lámina delgado-pulida		DRX	Aglutinantes
	Microscopio estereoscópico	SEM	Microscopio estereoscópico	SEM	Microscopio óptico	SEM		
R42 Azul	x				x			x
R43 Negro	x				x			x
R44 Ocre	x				x			x
R45 Rojo	x				x			x
R46 M 2°Str							x	
R47 M 2°Str							x	
R48 M 2°Str							x	
R49 M 3°Str							x	
R50 M 3°Str							x	
R51 M 4°Str							x	
R52 M 4°Str							x	
R53 M 2°Str							x	
R54 M 2°Str							x	
R55 M 2°Str							x	
R56 M 3°Str							x	
R57 M 3°Str							x	
R58 M 3°Str							x	
R59 M 4°Str							x	
R60 M 4°Str							x	
R61 M 4°Str							x	
R62 M 2°Str							x	
R63 M 2°Str							x	
R64 M 2°Str							x	
R65 M 3°Str							x	
R66 M 3°Str							x	
R67 M 3°Str							x	
R68 M 4°Str							x	
R69 M 4°Str							x	
R70 M 4°Str							x	
R71 M 2°Str							x	
R72 M 2°Str							x	
R73 M 2°Str							x	
R74 M 3°Str							x	
R75 M 3°Str							x	
R76 M 3°Str							x	
R77 M 4°Str							x	
R78 M 4°Str							x	
R79 M 4°Str							x	

CASTVLO TARDOANTIGUAS - TA

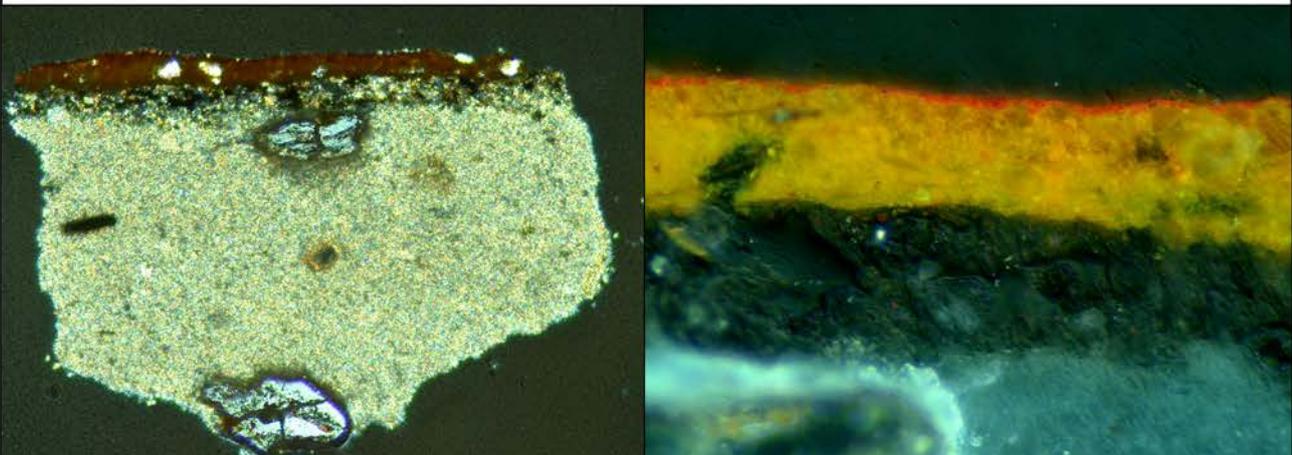
Muestra	Muestra sin preparar		Probeta pulida		Lámina delgado-pulida		DRX	Aglutinantes
	Microscopio estereoscópico	SEM	Microscopio estereoscópico	SEM	Microscopio óptico	SEM		
TA1 Naranja	x	x			x	x		
TA2 Verde	x	x						

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 001
MUESTRA	R1 Naranja	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo</i> - Sala Mosaico de los Amores	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

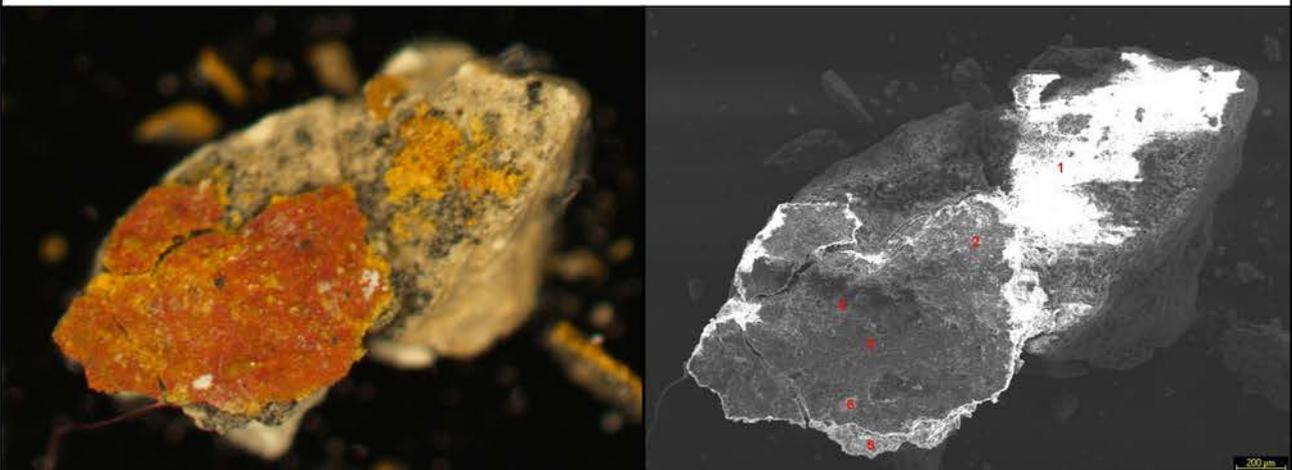


MICROSCOPIO ÓPTICO



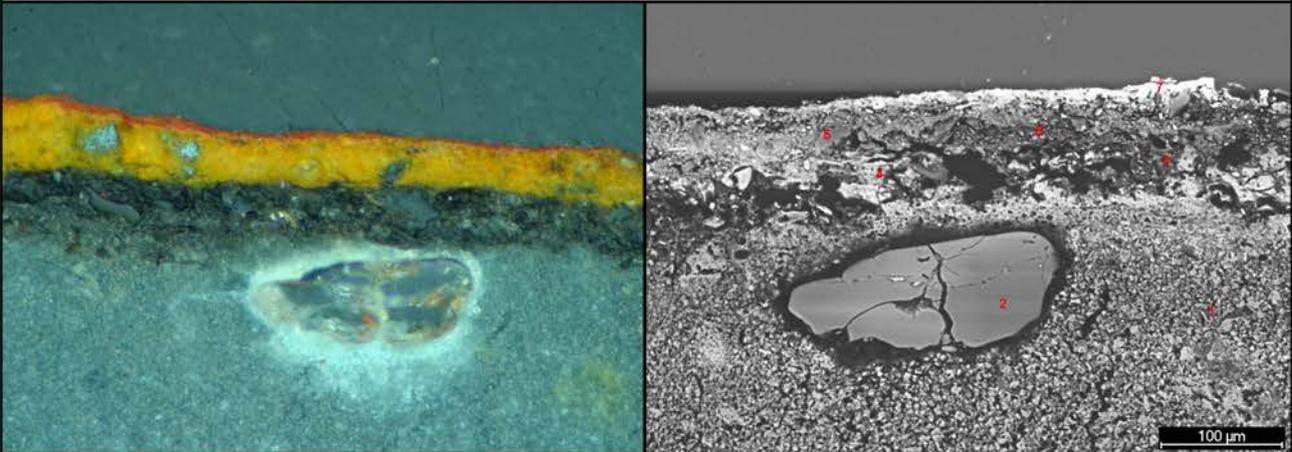
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada

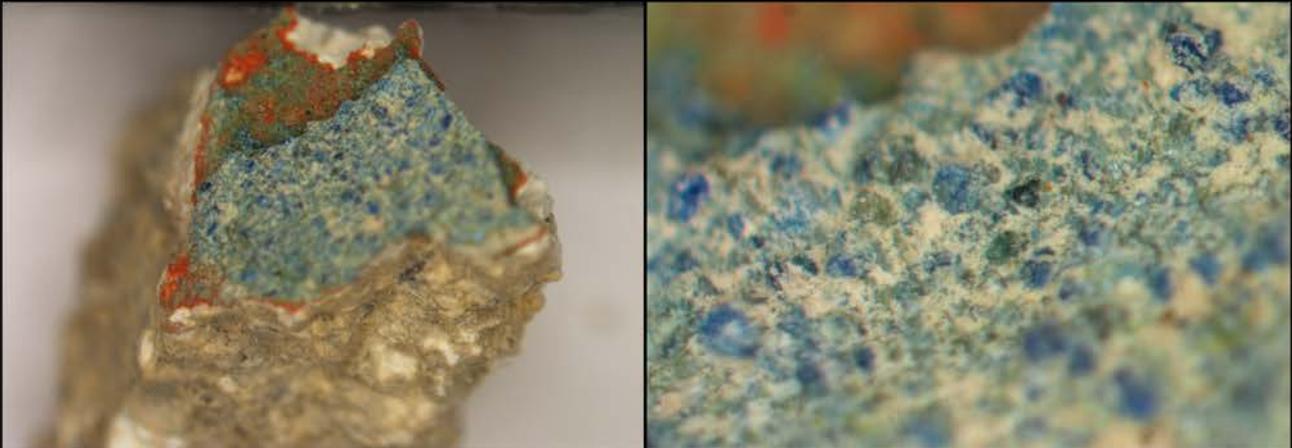


RESULTADOS

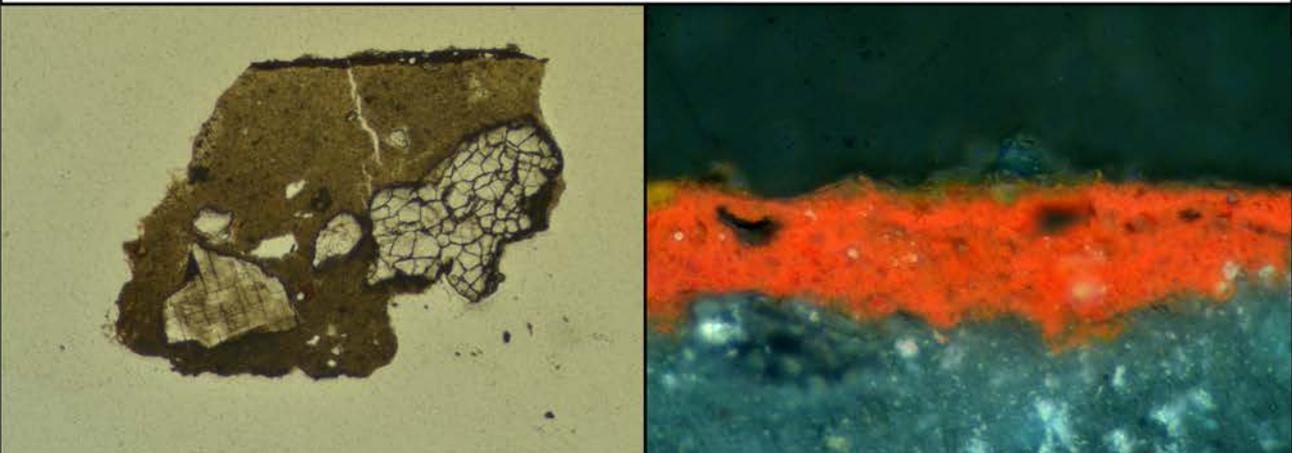
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp4: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, K Sp6: Ca, Fe, Al, Si		Concreciones de cal y tierras
Naranja	Sp2: O, Fe, Mg, Al, Si, K, Ca Sp3: C, Ca, O, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp7: Ca, Fe, Al, Si, K	Oxi-hidróxidos de hierro
Amarillo	Sp1: C, Ca, O, Fe, Al, Si, K	Sp5: Ca, Fe, Al, Si Sp6: Ca, Fe, Al, Si, K	Oxi-hidróxidos de hierro
Negro	Sp5: Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, K, Ti	Sp3: C, Ca, Fe, Al, Si, P, K Sp4: C, Ca, Si	Negro de humo/carbón y negro de hueso
Mortero		Sp1: Ca Sp2: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 002
MUESTRA	R2 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

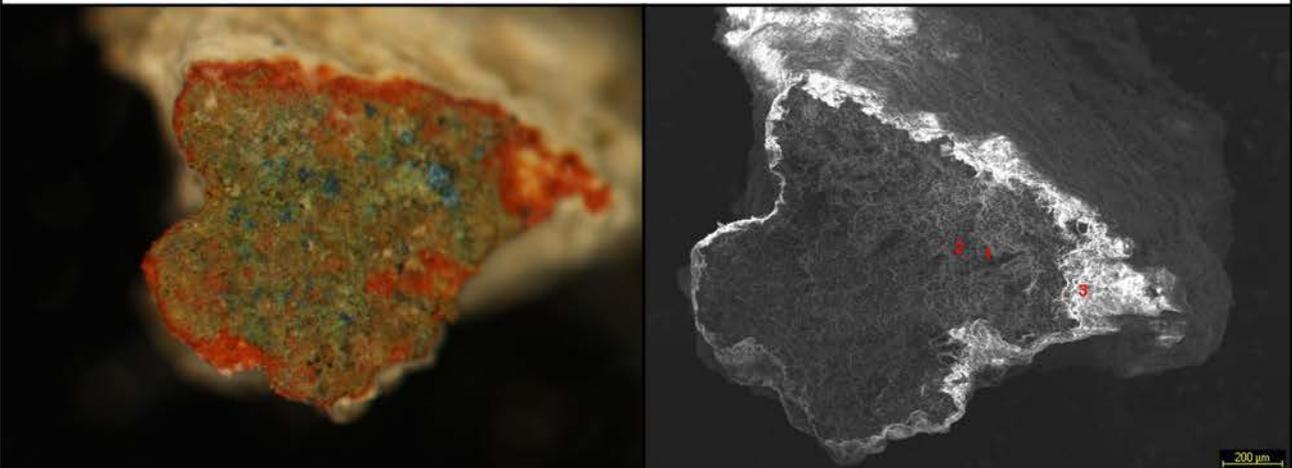


MICROSCOPIO ÓPTICO



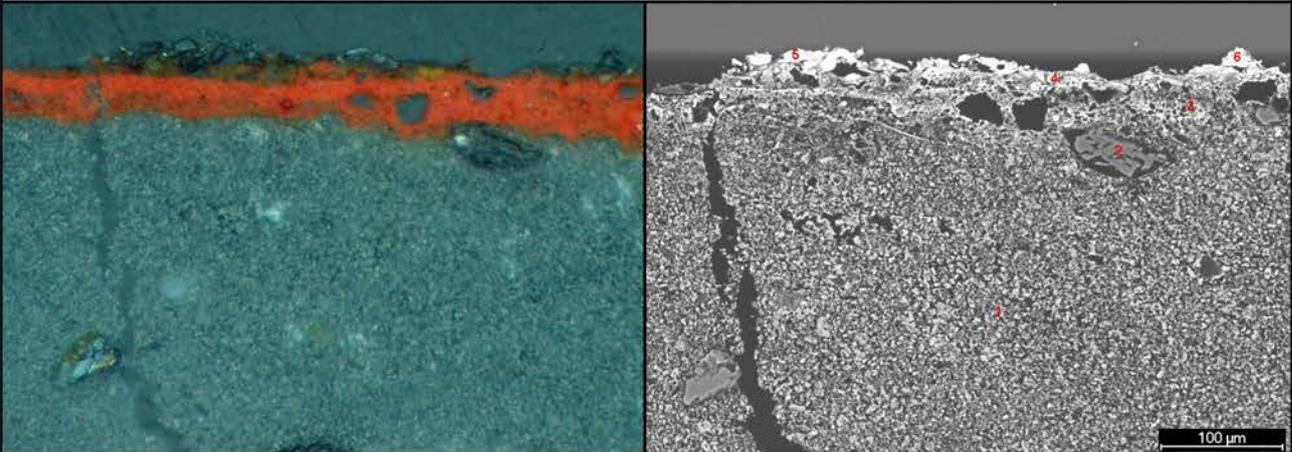
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

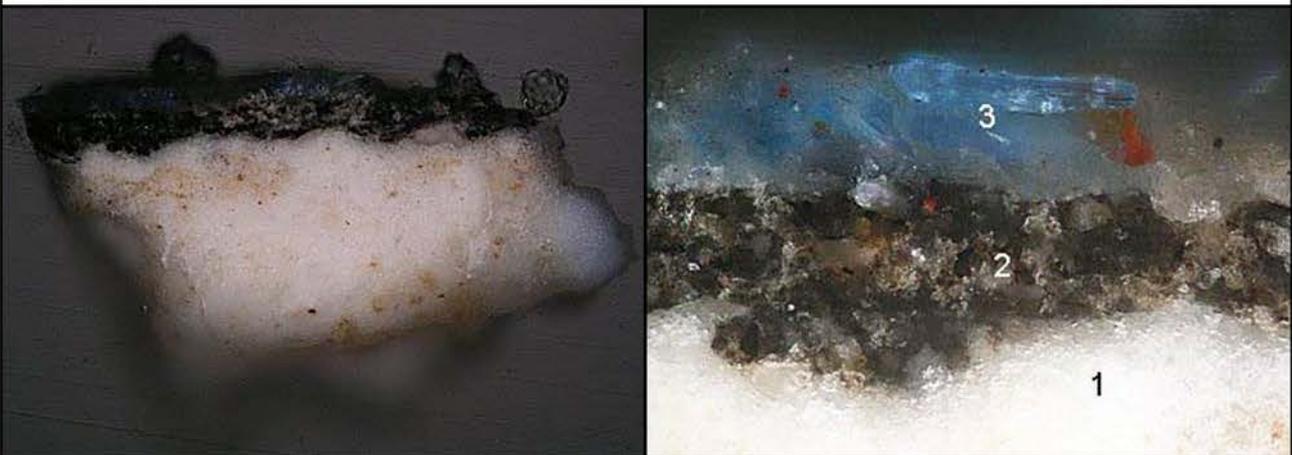
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Verde	Sp1: Ca, Fe, Cu, Mg, Al, Si, K Sp2: Ca, Fe, Cu, Mg, Al, Si, K	Sp5: Ca, Cu, Si Sp6: Ca, Cu, Si	Azul egipcio y tierra verde
Rojo	Sp3: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp3: Ca, Fe, Al, Si, Pb Sp4: Ca, Fe, Al, Si, P, Pb, K	Oxi-hidróxidos de hierro, rojo de plomo y negro de humo
Mortero		Sp1: Al, Si, Ca Sp2: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 003
MUESTRA	R3 Azul	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

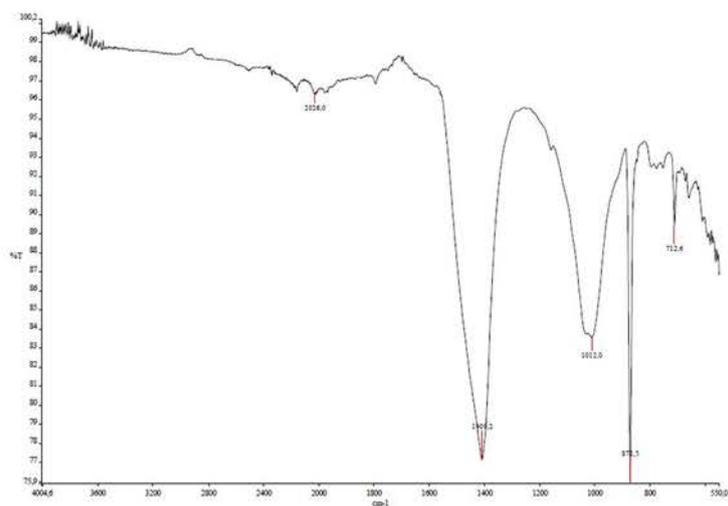
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



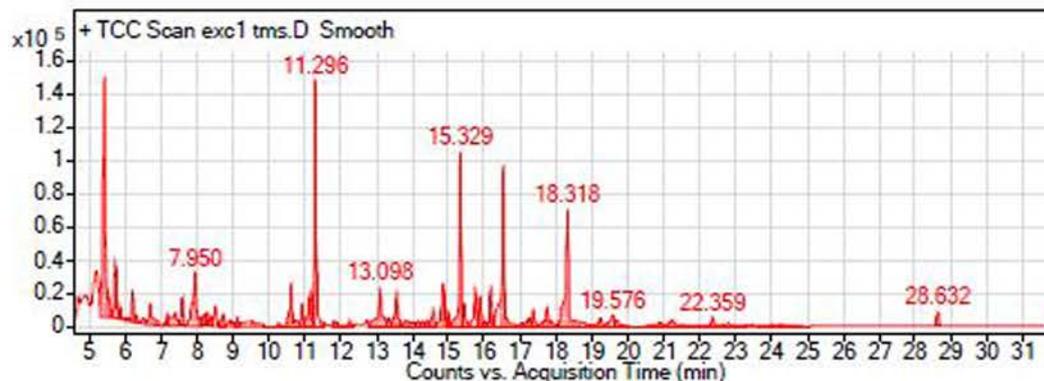
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Aglutinantes	Interpretación de resultados
Azul	3	-	Azul egipcio, calcita
Negro	2	-	Negro humo/carbón, calcita
Mortero	1	-	Calcita, arcillas, cuarzo

OBSERVACIONES

En los análisis efectuados en esta muestra para la caracterización de aglutinantes no se han identificado sustancias orgánicas atribuibles a ninguno de los aglutinantes orgánicos utilizados normalmente en pintura mural, aunque sí:

- glicerina
- fosfato
- metabolitos (láctico y oxálico)
- ácidos grasos (palmítico y esteárico principalmente)
- glucosa y manosa (y posiblemente galactosa)

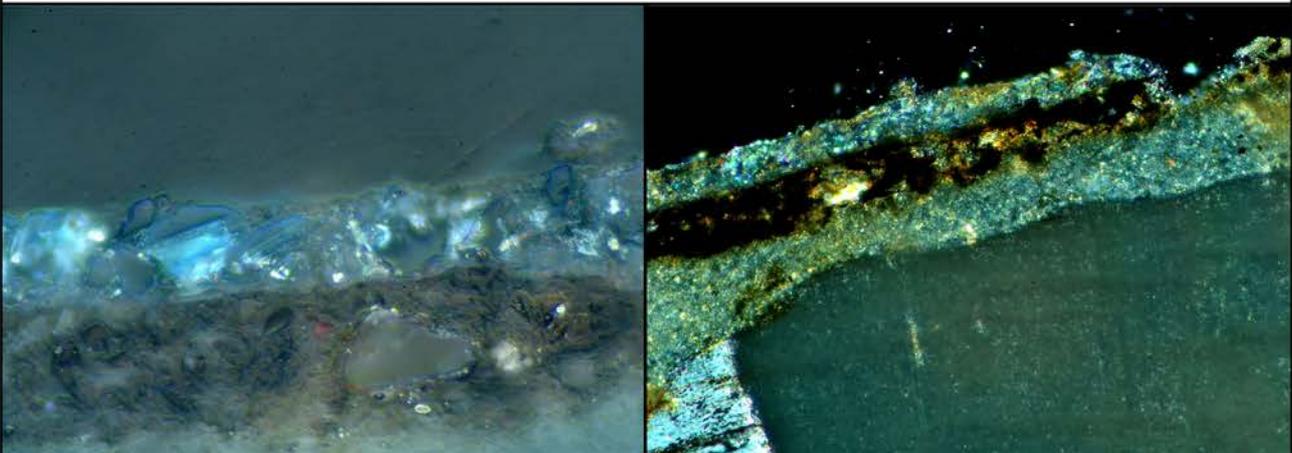
Todo ello se podría deber a una posible contaminación biológica en el pasado que no se observa ahora.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 004
MUESTRA	R4 Azul	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

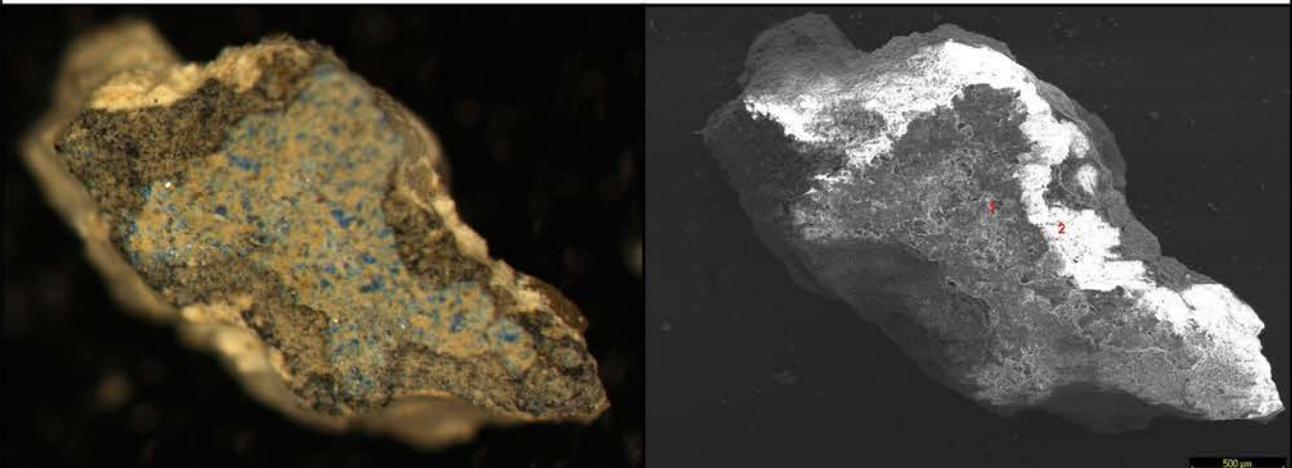


MICROSCOPIO ÓPTICO



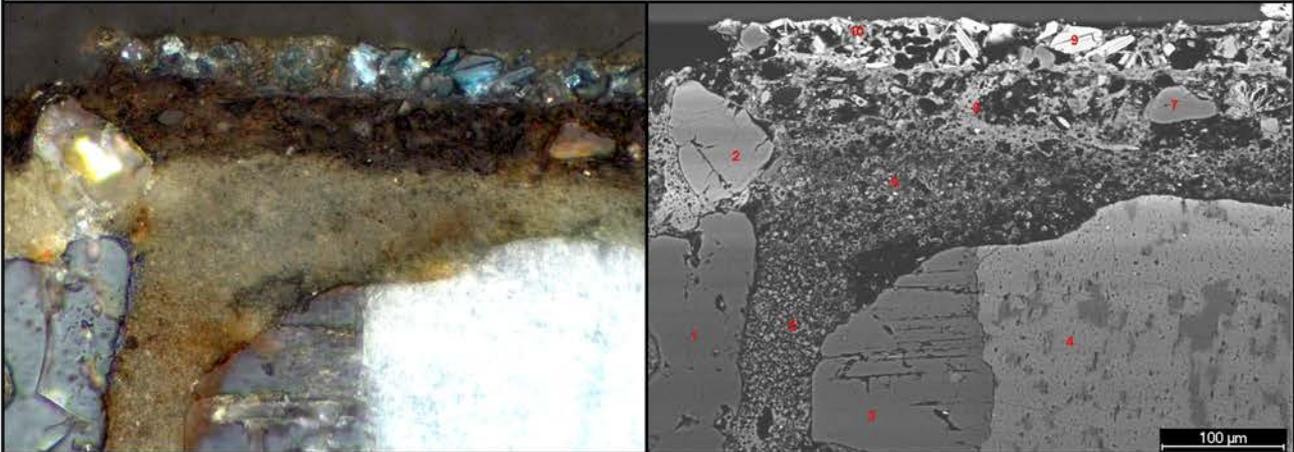
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Azul	Sp1: Ca, Cu, Al, Si	Sp9: Ca, Cu, Si Sp10: Ca, Fe, Cu, Na, Al, Si, K	Azul egipcio, concrecciones de tierras
Negro	Sp2: Ca, Cu, Al, Si, P, K	Sp7: Si Sp8: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, K	Negro de hueso, negro de humo/carbón y tierras
Mortero		Sp1: Si Sp2: Ca, Na, Al, Si Sp3: Ca, Na, Al, Si, K Sp4: Na, Al, Si, K Sp5: Ca, Si Sp6: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo, plagioclasa y feldespato

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 005
MUESTRA	R5 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

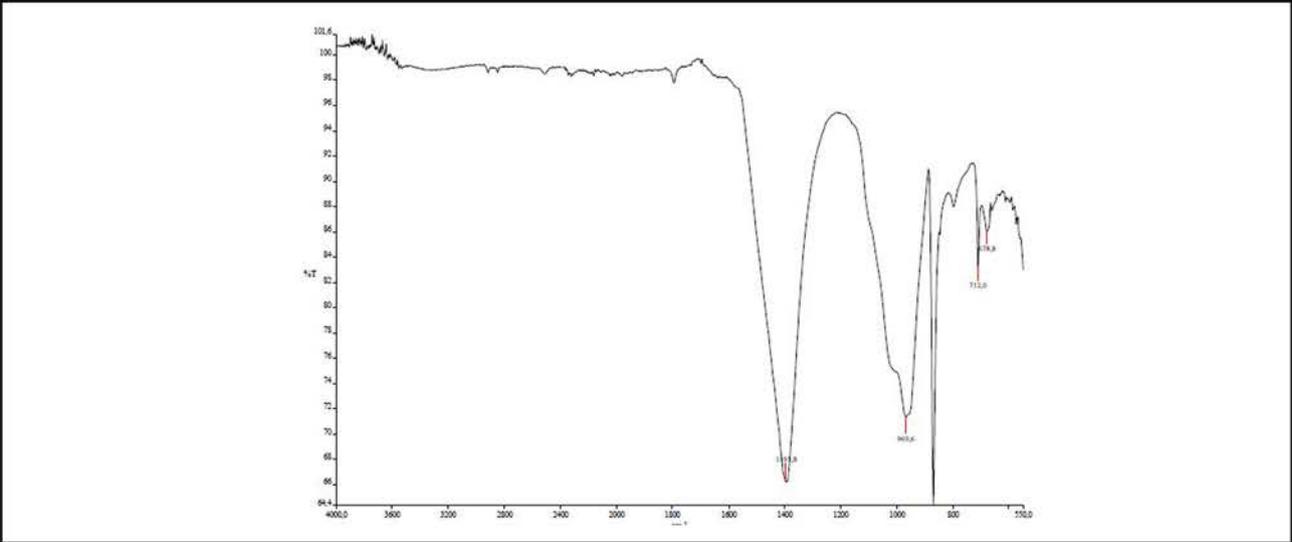
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



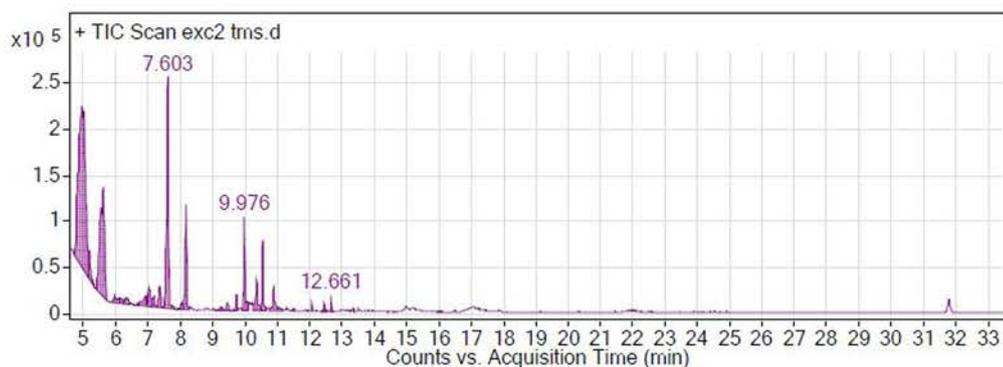
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Aglutinantes	Interpretación de resultados
Verde	3	-	Azul egipcio y tierra verde, calcita (tr.)
Negro	2	-	Calcita, negro humo/carbón, cuarzo (tr.)
Mortero	1	-	Calcita, cuarzo, arcillas (tr.), negro humo/carbón (tr.), micas (tr.)

OBSERVACIONES

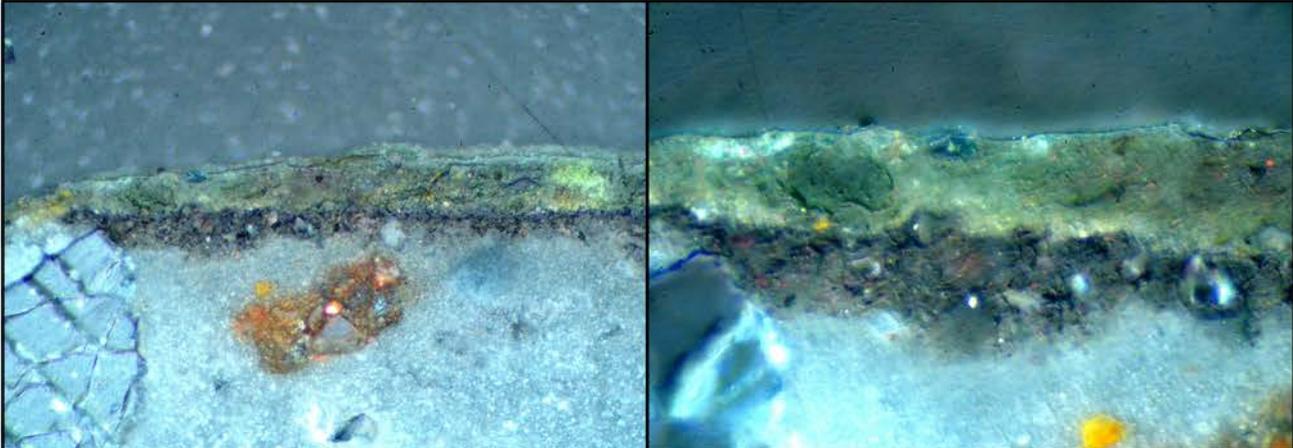
En los análisis efectuados en esta muestra para la caracterización de aglutinantes no se han identificado filmógenos orgánicos reconocibles.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 006
MUESTRA	R6 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

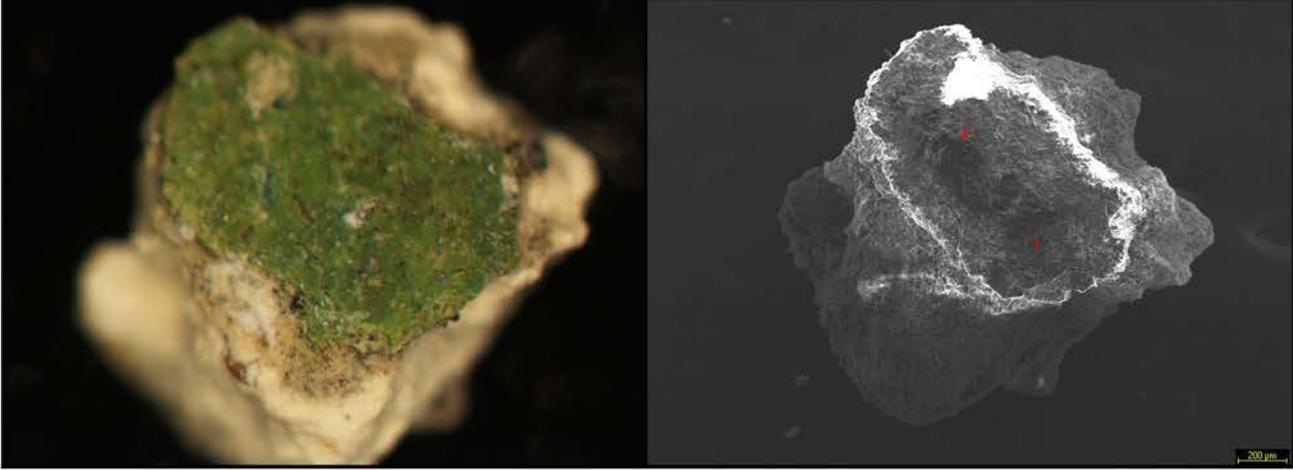


MICROSCOPIO ÓPTICO



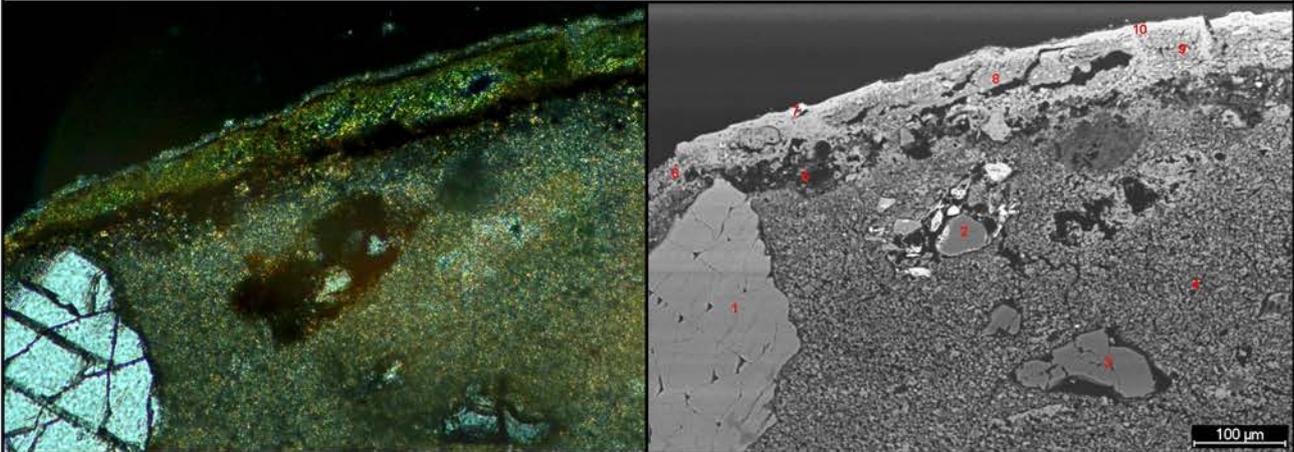
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones		Sp10: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Concreciones de tierras
Verde	Sp1: Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, K Sp2: Ca, Fe, Na, Mg, Al, Si, K	Sp6: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp7: Ca, Fe, Cu, Al, Si, K Sp8: Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, K Sp9: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Azul egipcio y tierra verde
Negro		Sp5: Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, K	Negro de hueso y tierras
Mortero		Sp1: Na, Al, Si, K Sp2: Si Sp3: Si Sp4: Si, Ca	Mortero de cal y árido de cuarzo y plagioclasa

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 007
MUESTRA	R7 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

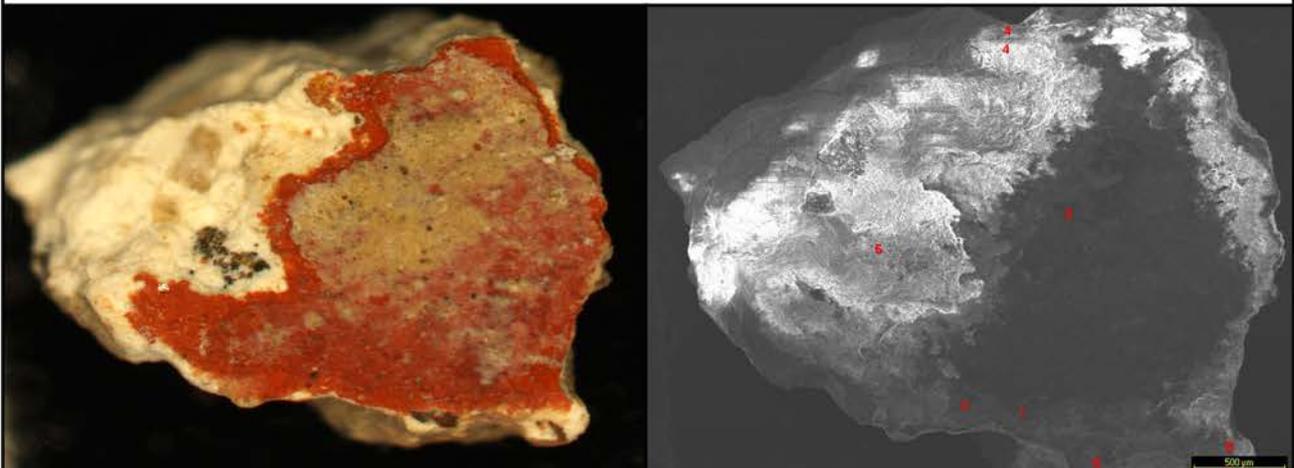


PROBETA PULIDA



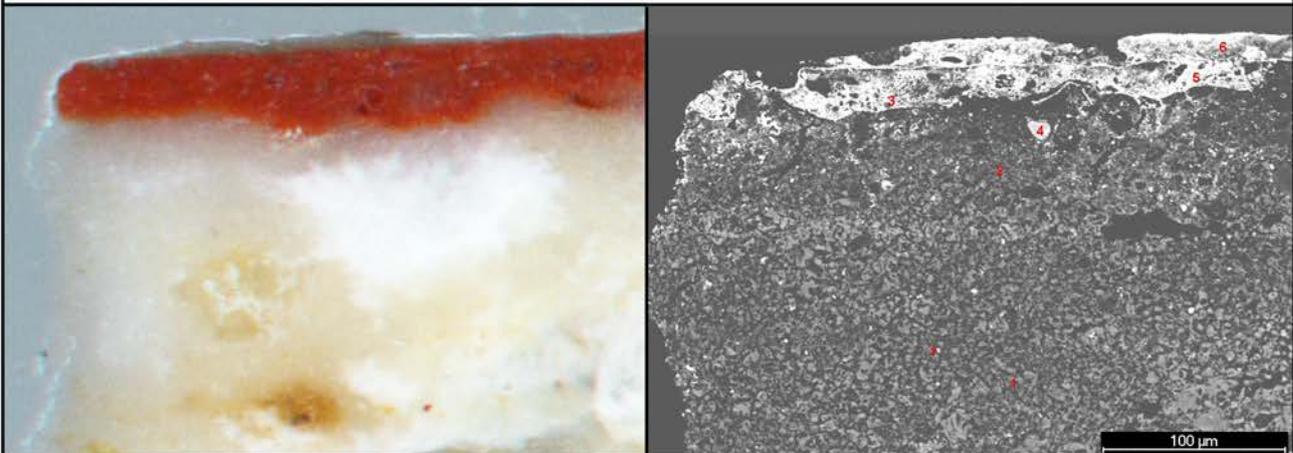
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Concreciones		Sp6: C, Ca, Fe, Al, Si, P, Pb, K	Concreciones de tierras
Rojo	Sp1: Ca, Fe, Al, Si, P, Pb, K Sp2: Ca, Fe, Al, Si, P, Pb	Sp3: C, Ca, Fe, Si, P, Pb Sp5: C, Ca, Fe, Si, P, Pb	Hematites y rojo de plomo, inclusiones de pigmento negro de hueso
Mortero	Sp5: Ca, Si, Ti Sp6': Ca, Fe, Al, Si, K	Sp1: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo, feldespato y mica

OBSERVACIONES

En las fotografías tomadas mediante microscopía estereoscópica de la muestra sin preparar es posible apreciar dos estratos de policromía roja; por el contrario, en las fotografías tomadas de la muestra una vez preparada como probeta pulida no es posible distinguir estos dos estratos.

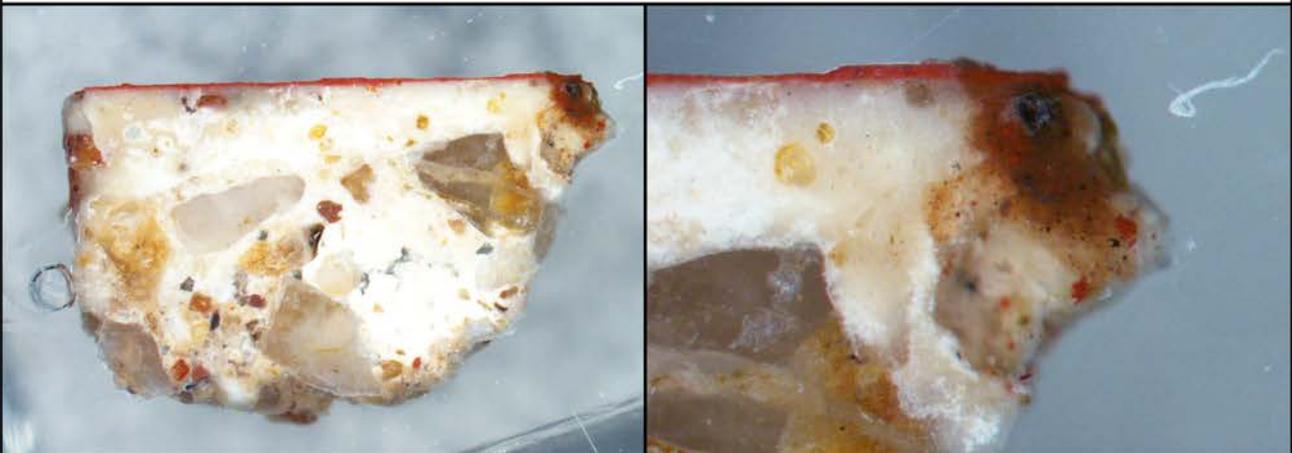
Los análisis elementales han corroborado que el estrato superior de rojo es el que contiene una mayor cantidad de plomo; dichos resultados han sido corroborados con un mapa de distribución de elementos efectuado mediante microscopio electrónico de barrido de alta resolución.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 008
MUESTRA	R8 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

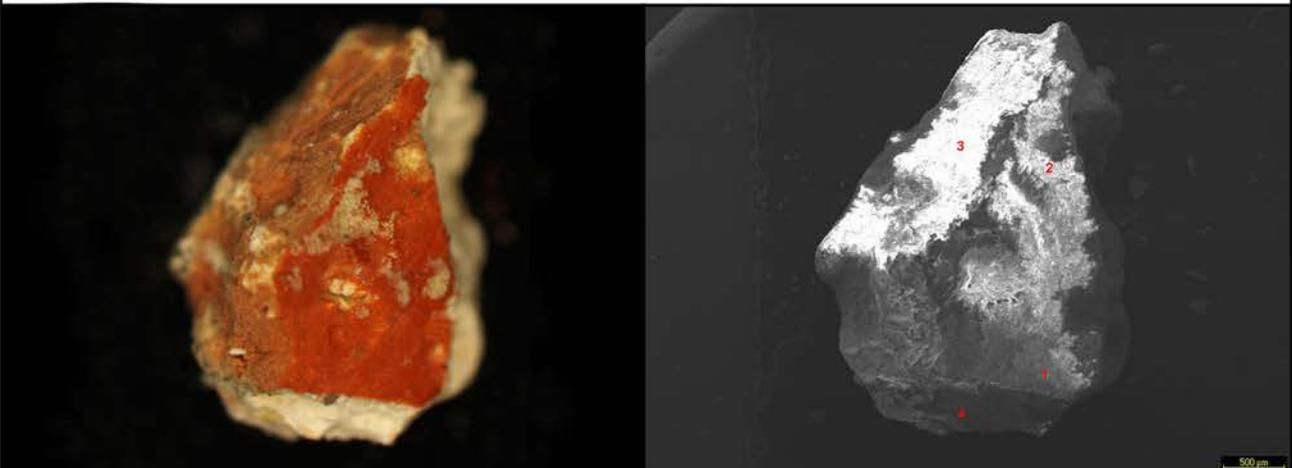


PROBETA PULIDA



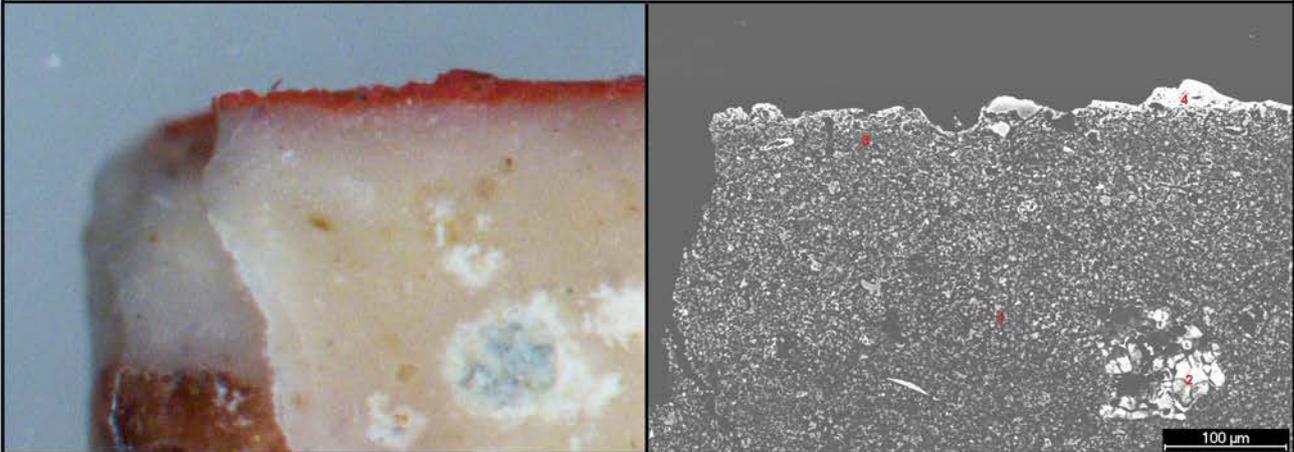
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Rojo	Sp1: Ca, Fe, Al, Si, Pb, K Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, Pb, K	Sp3: Ca, Fe, Al, Si, Pb Sp4: Ca, Fe, Al, Si, P, Pb	Hematites y rojo de plomo, inclusiones de pigmento negro de hueso
Mortero	Sp4: Ca, Si	Sp1: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

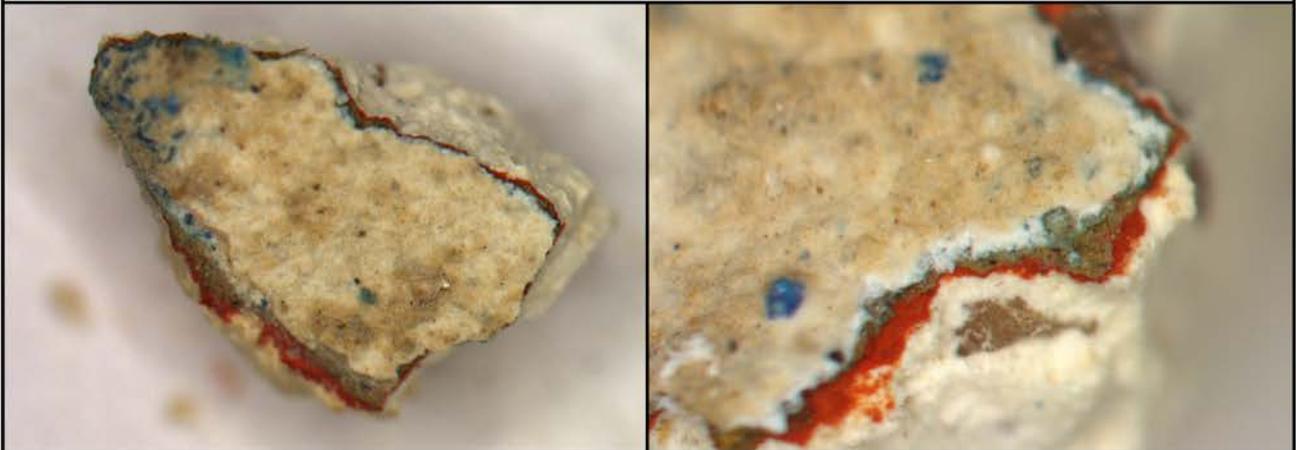
OBSERVACIONES

Al igual que sucede en la muestra anterior, en las fotografías tomadas mediante microscopía estereoscópica de la muestra sin preparar es posible apreciar dos estratos de policromía roja; por el contrario, en las fotografías tomadas de la muestra una vez preparada como probeta pulida no es posible distinguir estos dos estratos.

Los análisis elementales han corroborado que el estrato superior de rojo es el que contiene una mayor cantidad de plomo; dichos resultados han sido corroborados con un mapa de distribución de elementos efectuado mediante microscopio electrónico de barrido de alta resolución.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 009
MUESTRA	R9 Blanco	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

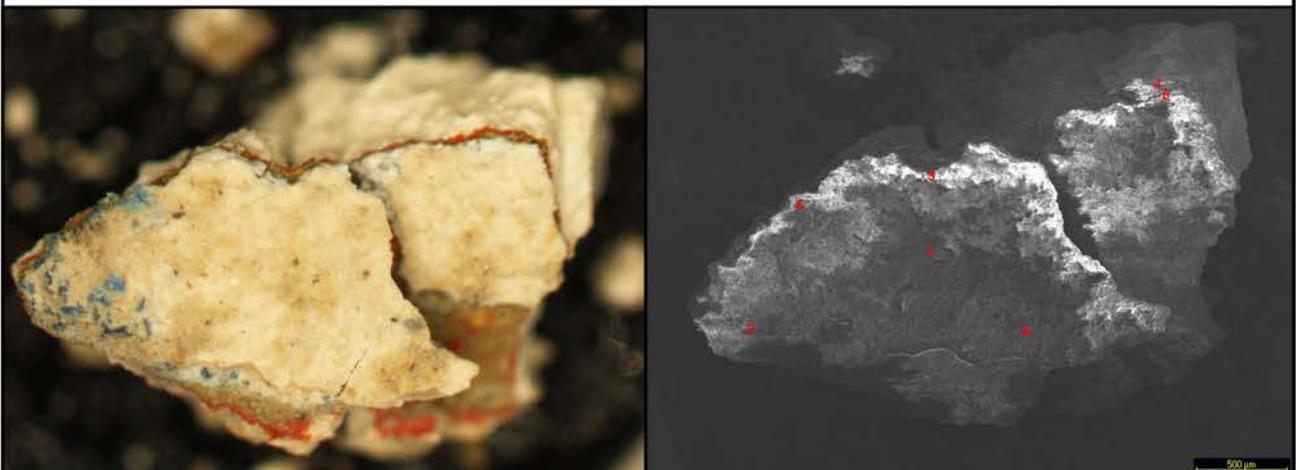


PROBETA PULIDA



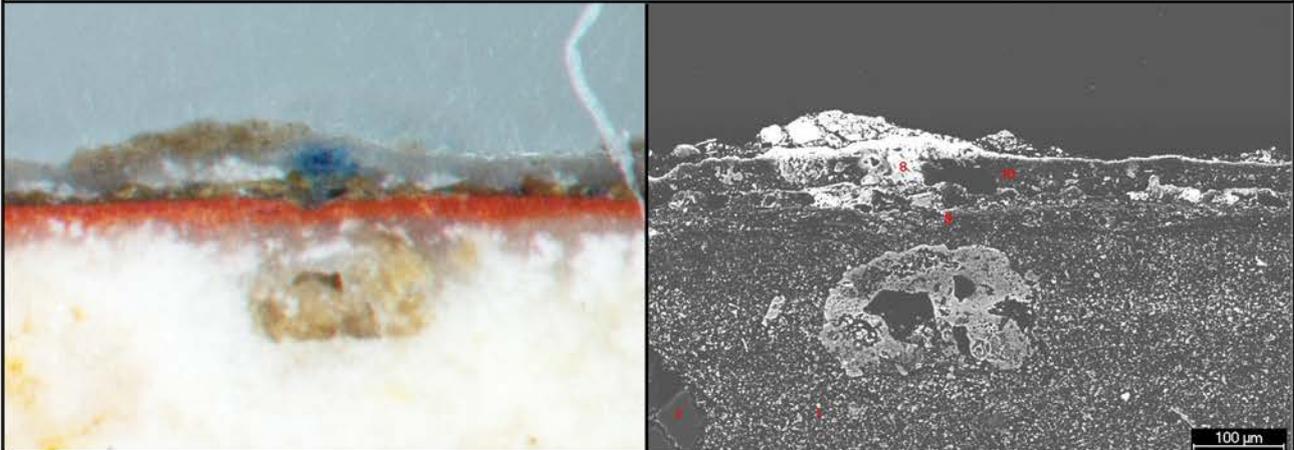
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Blanco	Sp1: Ca, Fe, Al, Si, P, Pb, K	Sp10: Ca, Si	Blanco de cal
Verde	Sp2: Ca, Fe, Cu, Al, Si, K	Sp8: Ca, Cu, Si	Azul egipcio y tierra verde
Rojo	Sp3: Ca, Fe, Al, Si, P, Pb Sp4: Ca, Fe, Al, Si, P, Pb	Sp9: Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, Pb, K	Hematites y rojo de plomo, inclusiones de pigmento negro de hueso
Mortero		Sp1: Ca, Si Sp2: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

OBSERVACIONES

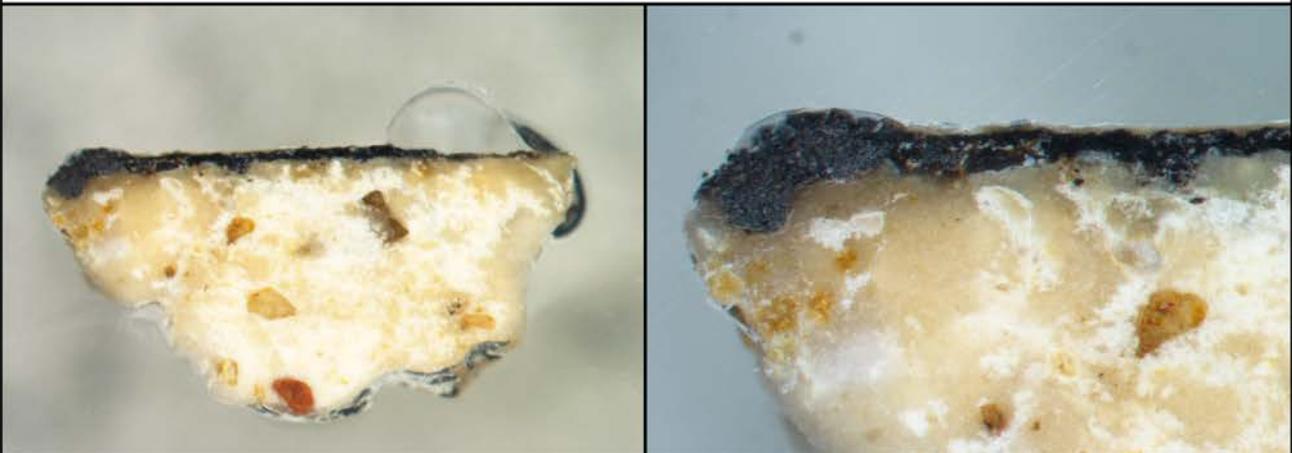
Al analizar la muestra sin preparar y sin metalizar, se ha identificado en el estrato pictórico Ca y Pb, además de Fe y tierras; sin embargo, al estudiar la muestra una vez preparada como probeta pulida sólo se ha identificado Ca y Si en el estrato de color blanco. Al analizar la muestra sin preparar, la superficie pictórica queda hacia arriba, por lo que el espectro puede mostrar elementos tanto del estrato más superficial de policromía como de estratos inferiores; al contrario, al analizar la muestra preparada en probeta pulida, dicha posibilidad no existe, ya que la muestra se posiciona de perfil. Por lo tanto, en esta muestra el Pb identificado corresponde al estrato rojo y, por tanto, el blanco empleado corresponde a blanco de cal.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 010
MUESTRA	R10 Negro	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

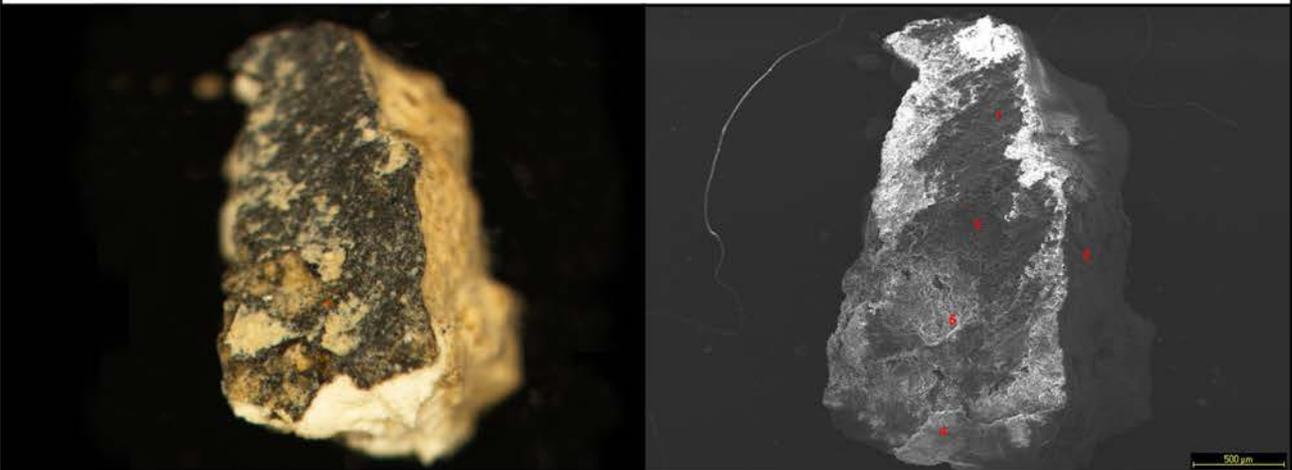


PROBETA PULIDA



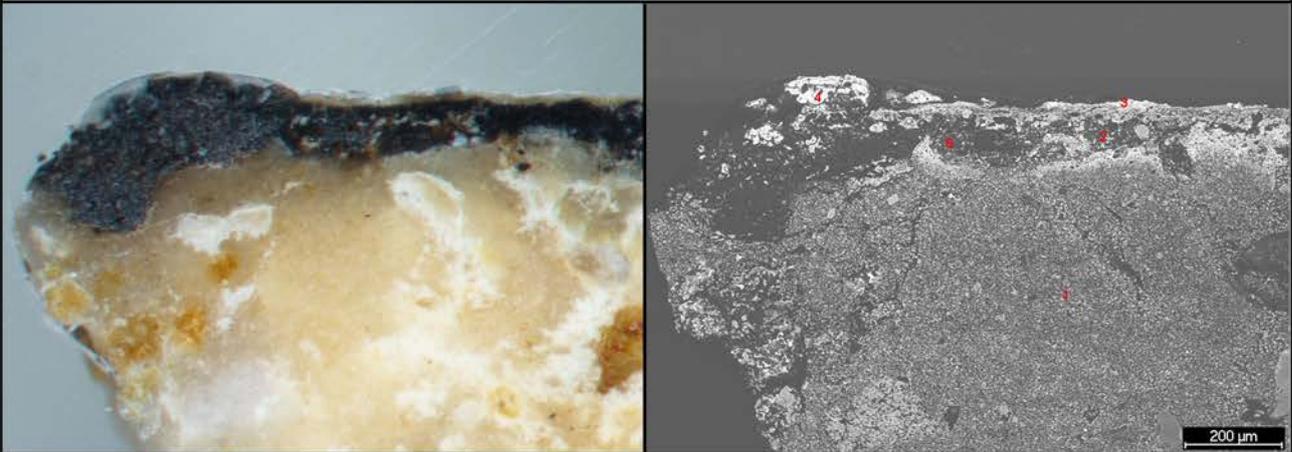
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida

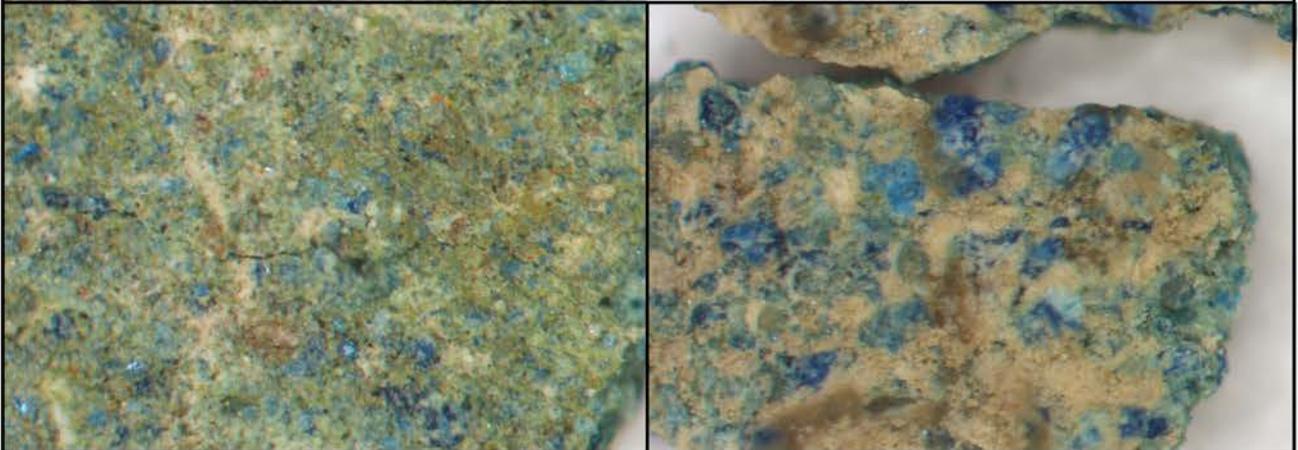


RESULTADOS

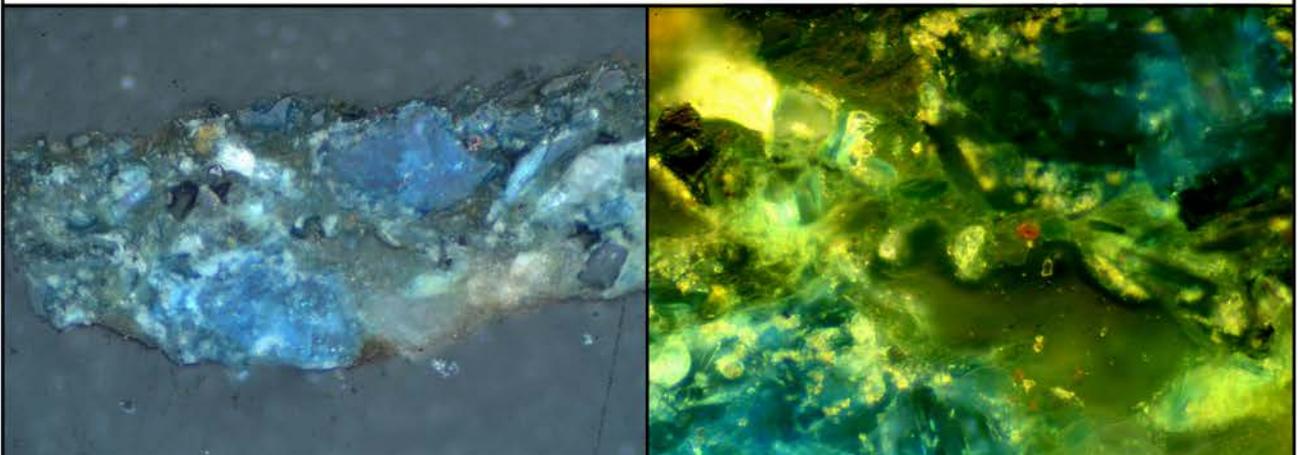
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp5: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp3: C, Ca, Mg, Al, Si, P, K	Concreciones de tierras
Negro	Sp1: C, Ca, Mg, Al, Si Sp2: C, Ca, Al, Si	Sp4: C, Ca, Mg, Al, Si, P, K Sp5: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, K	Negro de humo y negro de hueso/carbón mezclado con tierras
Mortero	Sp3: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp4: Ca	Sp1: C, Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 011
MUESTRA	R11 Verde-rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

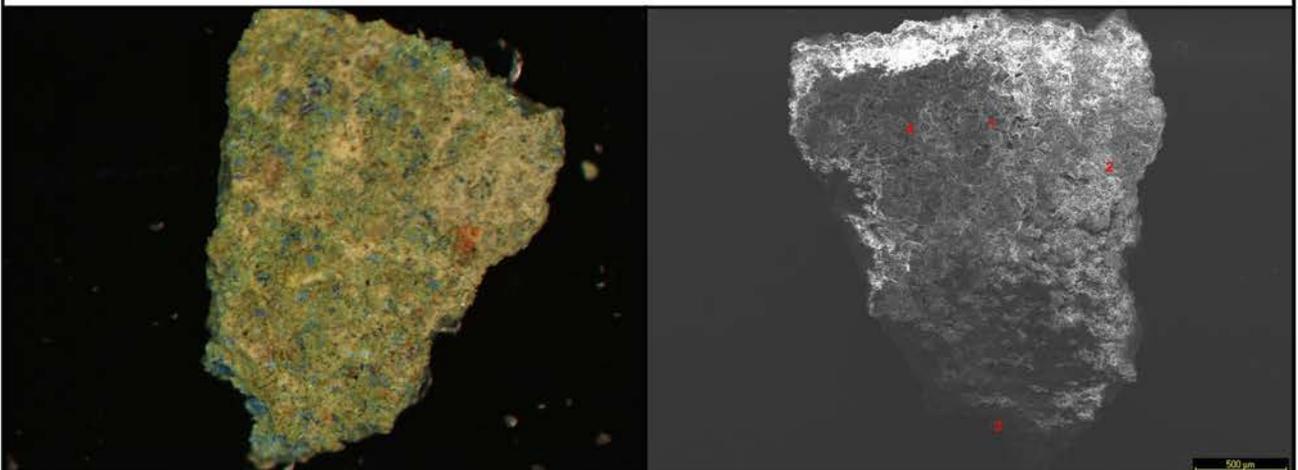


MICROSCOPIO ÓPTICO



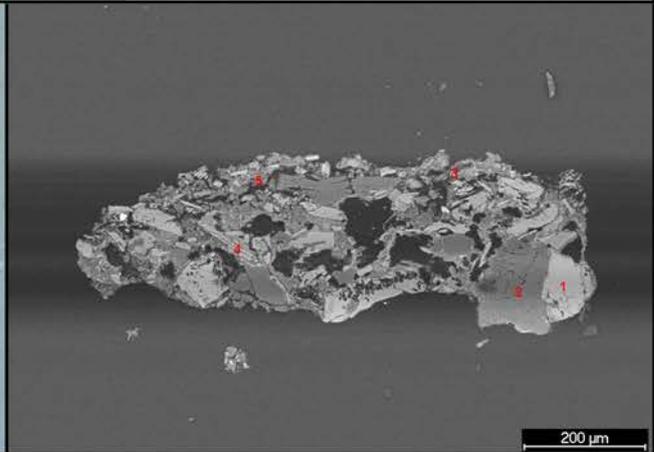
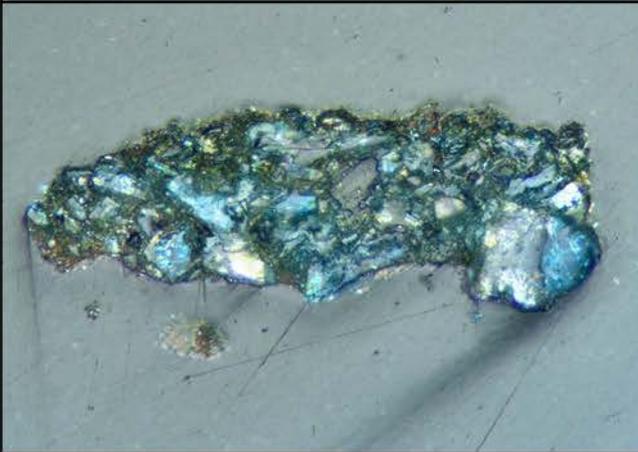
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

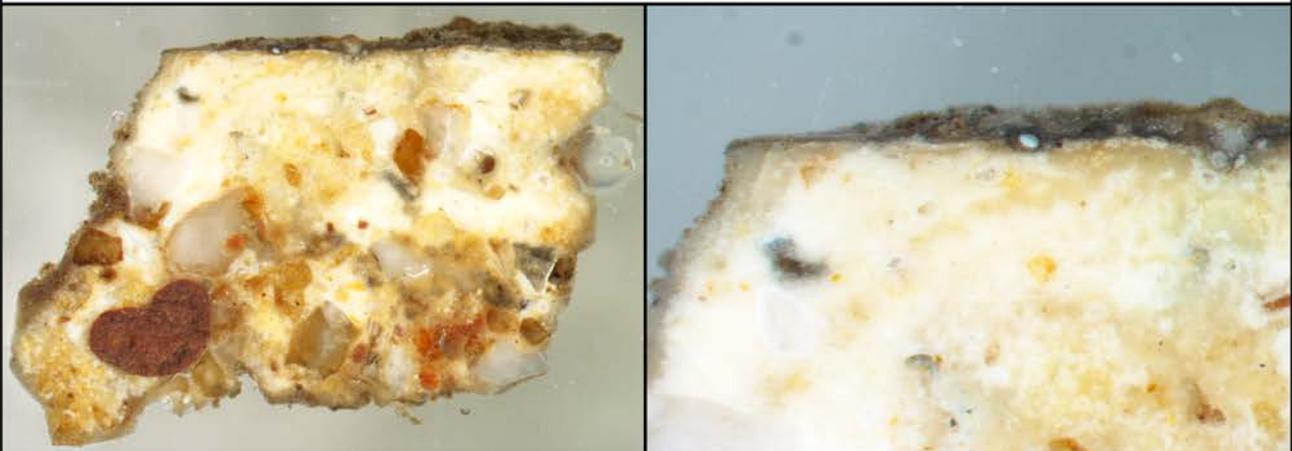
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Verde	Sp2: Ca, Fe, Cu, Mg, Al, Si, K Sp3: Ca, Fe, Cu, Mg, Al, Si, K Sp4: Ca, Fe, Cu, Mg, Al, Si, K	Sp1: Ca, Cu, Si Sp2: Si Sp3: Ca, Fe, Cu, Mg, Al, Si, K Sp4: Ca, Cu, Si Sp5: Ca, Fe, Cu, Mg, Al, Si, K	Azul egipcio y tierra verde

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 012
MUESTRA	R12 Mármol	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

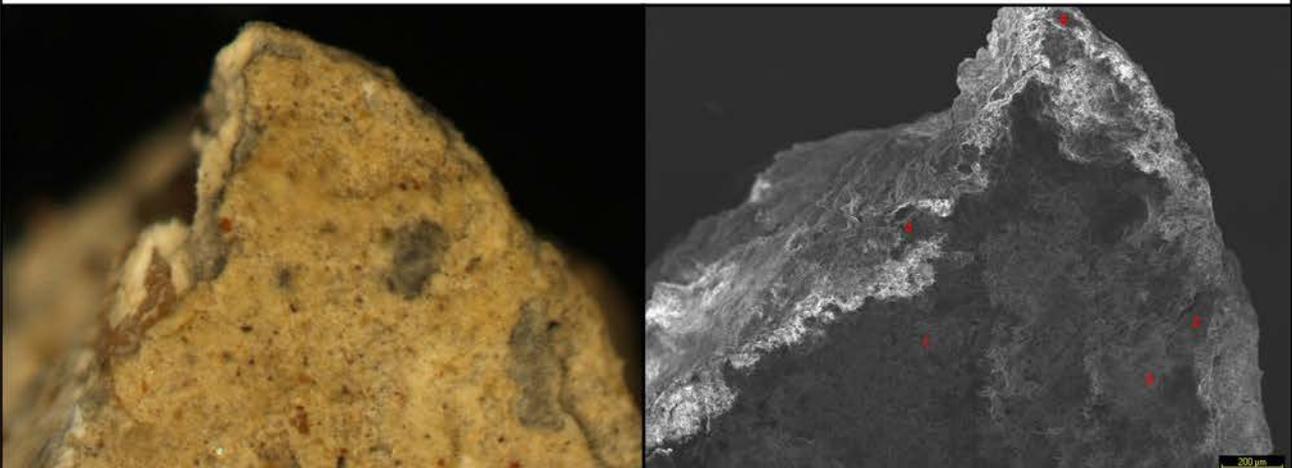


PROBETA PULIDA



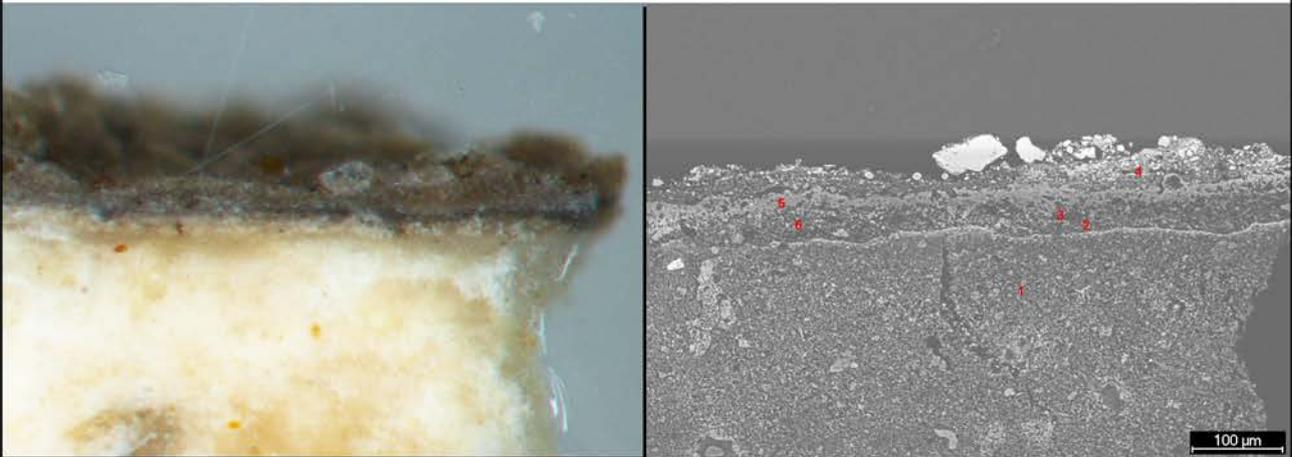
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida



RESULTADOS

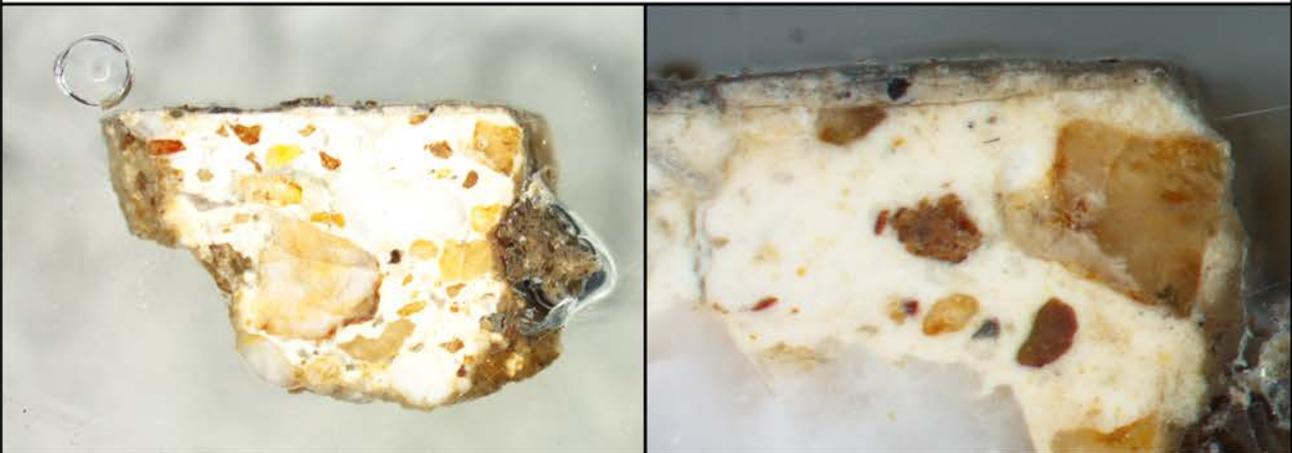
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Concreciones		Sp4: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Concreciones de tierras
Imitación mármol	Sp1: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp2: Ca, Mg, Al, Si, P, K Sp3: C, Ca, O, Fe, Mg, Al, Si, P Sp5: C, Ca, O, Mg, Al, Si, P, K	Sp2: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp3: C, Ca, Fe, Al, Si, K Sp5: C, Ca, Si	Negro de humo/carbón y negro de hueso, mezclado con tierras
Mortero	Sp4: Ca, O, Al, Si	Sp1: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 013
MUESTRA	R13 Mármol	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

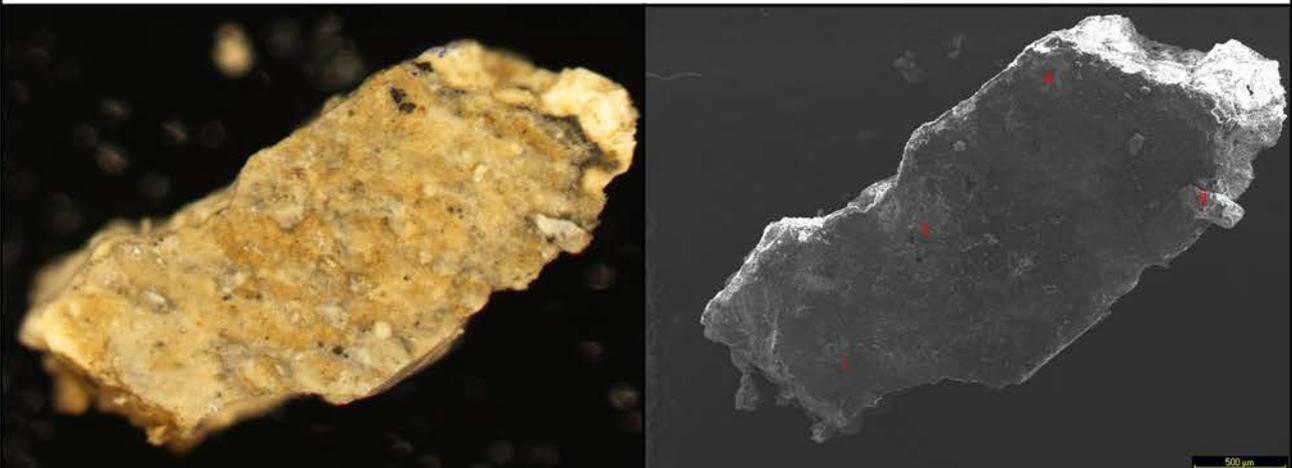


PROBETA PULIDA



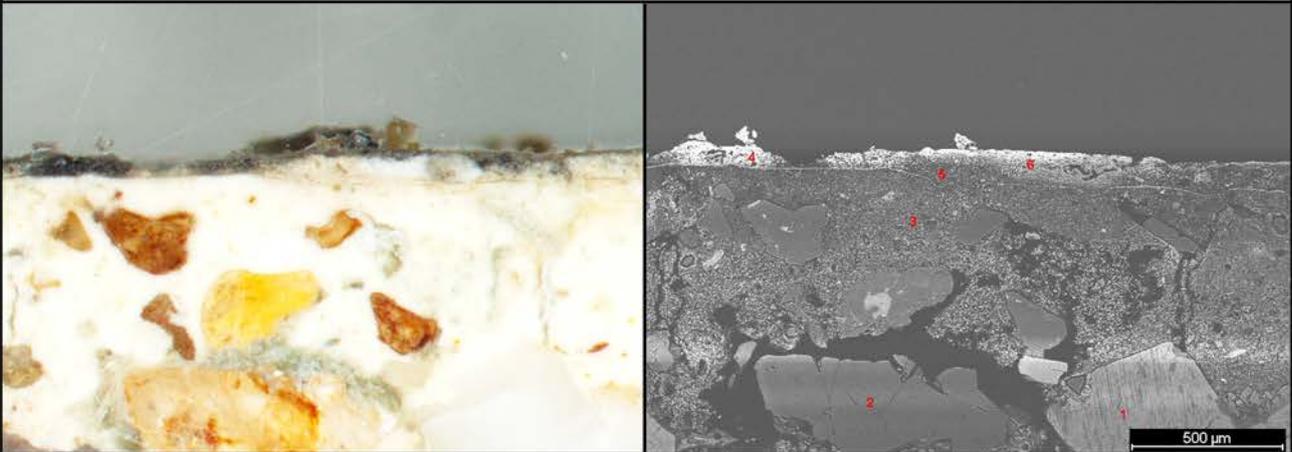
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

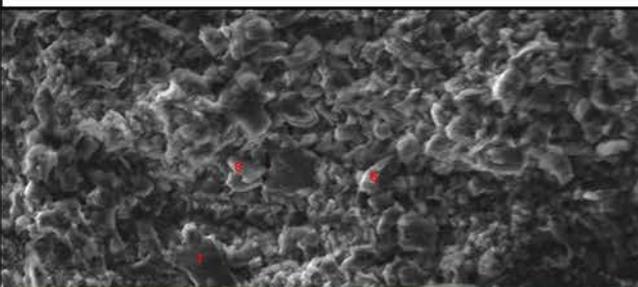
Probeta pulida



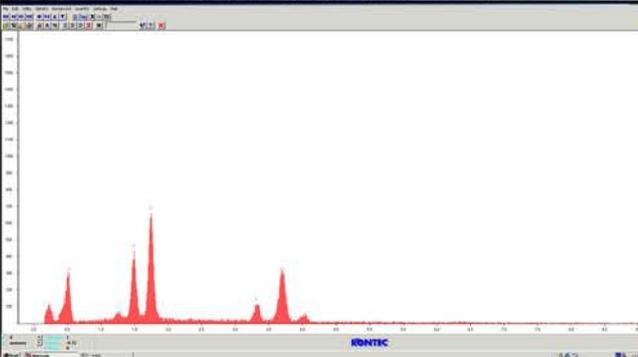
RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Imitación mármol	Sp1: C, Ca, O, Mg, Al, Si, P, K Sp2: C, Ca, O, Fe, Mg, Al, Si, P Sp3: Ca, Al, Si Sp4: C, Ca, O, Mg, Al, Si, P, K	Sp4: C, Ca, Si Sp5: C, Ca, Al, Si Sp6: C, Ca, Si	Negro de humo/carbón y hueso mezclado con tierras y blanco de cal
Mortero		Sp1: Na, Al, Si, K Sp2: Si Sp3: Si, Ca	Mortero de cal y árido de cuarzo, plagioclasa y feldespato

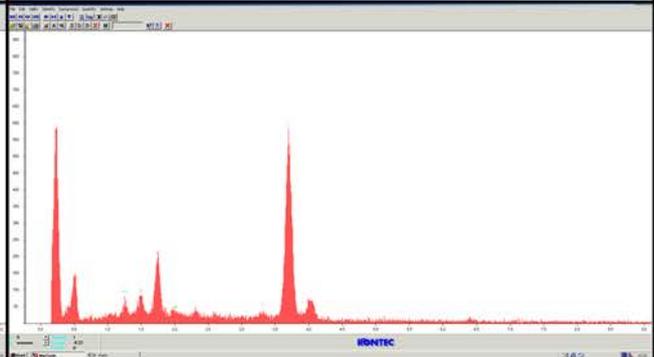
OBSERVACIONES



Los granos de pigmento de negro de hueso parecen estar recubiertos por el negro de humo debido a la menor granulometría de este último.



Sp8: C, O, Mg, Al, Si, K, Ca



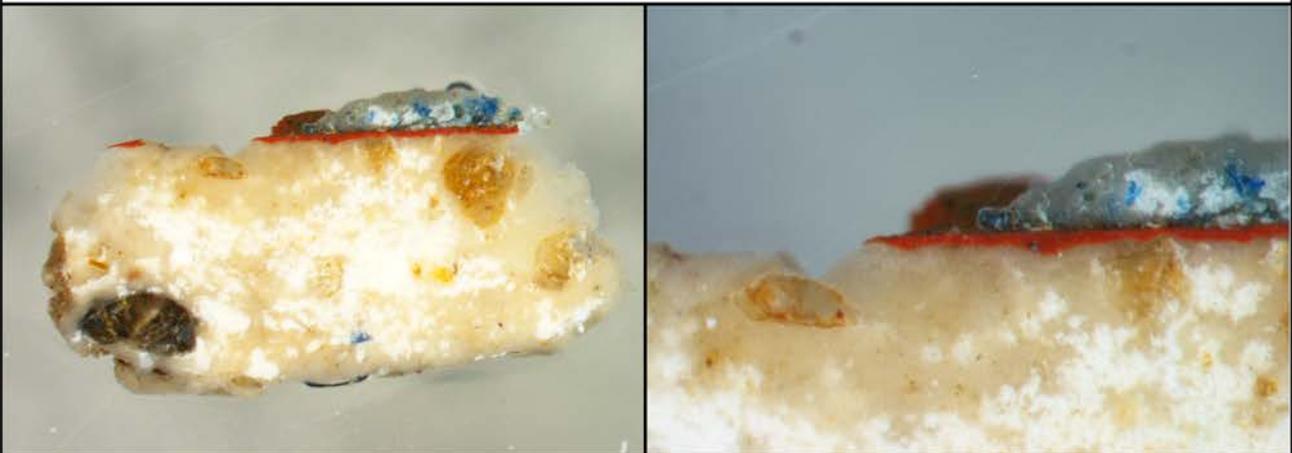
Sp9: C, O, Mg, Al, Si, P, K, Ca

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 014
MUESTRA	R14 Blanco	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

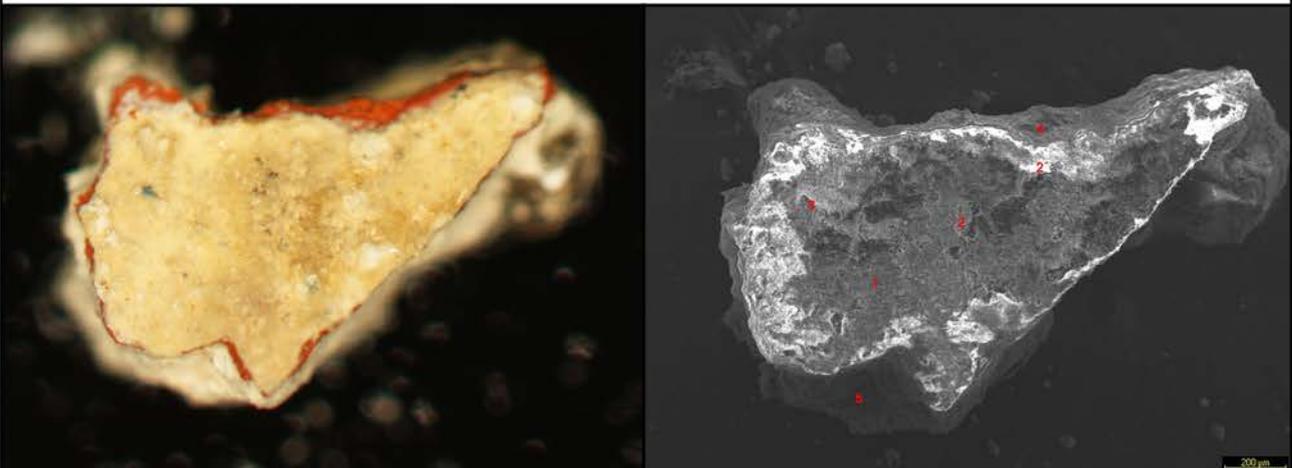


PROBETA PULIDA



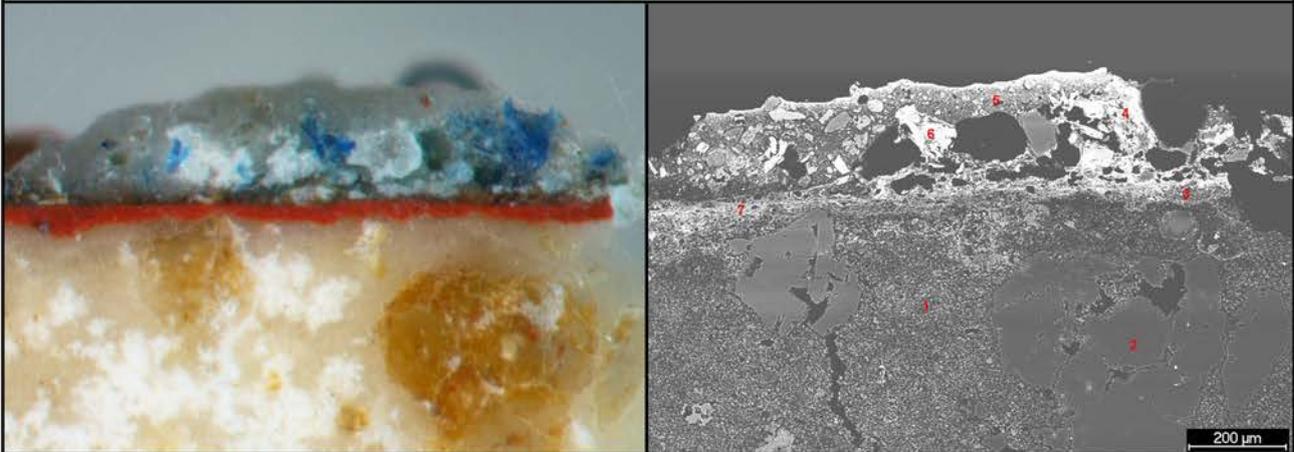
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida



RESULTADOS

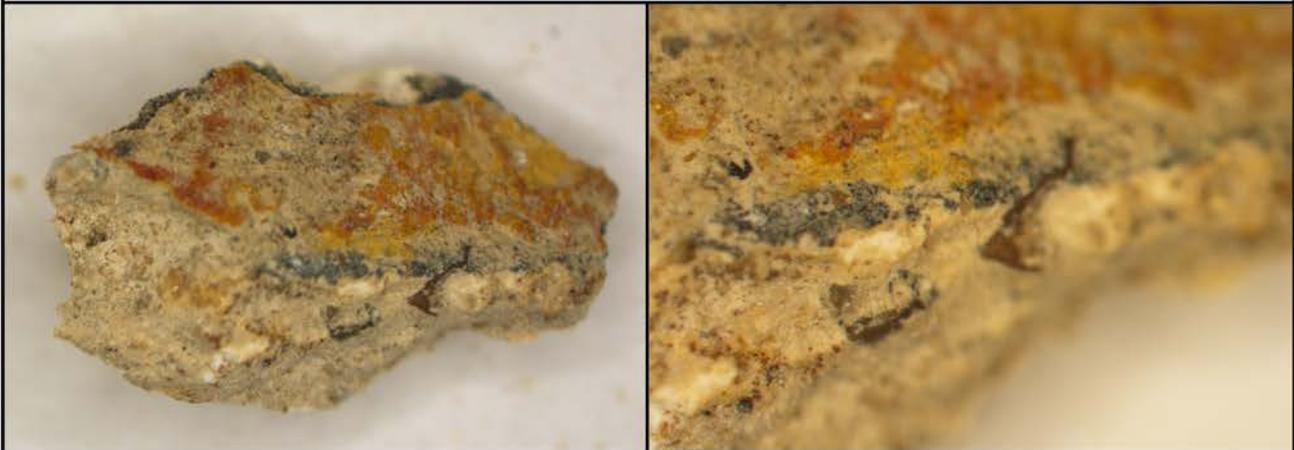
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Blanco	Sp1: Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, Pb Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, Pb, K	Sp5: Ca, Si	Blanco de cal
Verde		Sp4: C, Ca, Fe, Cu, Na, Al, Si, K Sp6: Ca, Cu, Si	Azul egipcio y tierra verde
Rojo	Sp4: Ca, Fe, Al, Si, Pb	Sp3: C, Ca, Fe, Al, Si, P, Pb Sp7: C, Ca, Fe, Si, P, Pb	Hematites y rojo de plomo, inclusiones de pigmento negro de carbón y hueso
Mortero	Sp5: Ca, Si	Sp1: Ca, Si Sp2: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

OBSERVACIONES

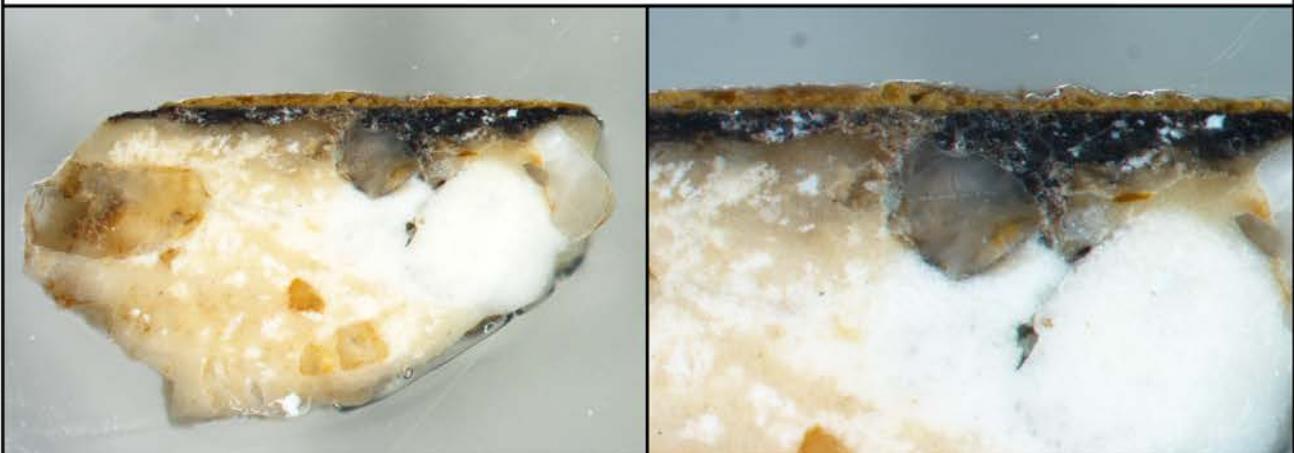
En el estudio de la muestra sin preparar y sin metalizar, se ha identificado un estrato pictórico que contiene Ca y Pb, además de Fe y tierras; sin embargo, al estudiar la muestra una vez preparada como probeta pulida sólo se ha identificado Ca y Si en el estrato de color blanco. Al analizar la muestra sin preparar, se estudia la superficie pictórica, por lo que el espectro muestra elementos tanto del estrato más superficial de policromía como de estratos inferiores; por el contrario, al analizar la muestra preparada en probeta pulida, dicha posibilidad no existe, ya que la muestra se posiciona de perfil. Por lo tanto, en esta muestra el Pb identificado corresponde al estrato rojo y, por tanto, el blanco empleado corresponde a blanco de cal.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 015
MUESTRA	R15 Naranja	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

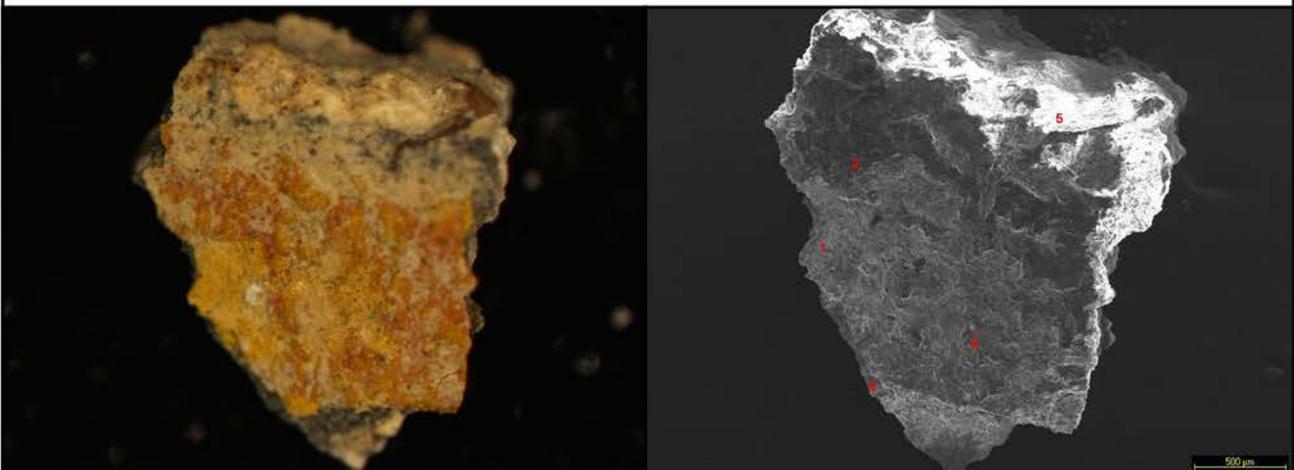


PROBETA PULIDA



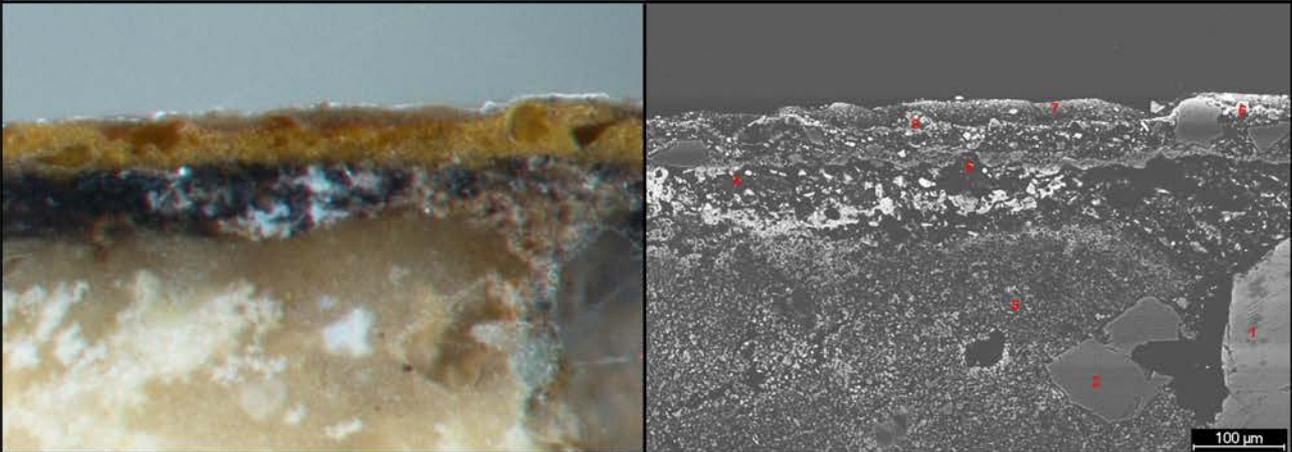
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida

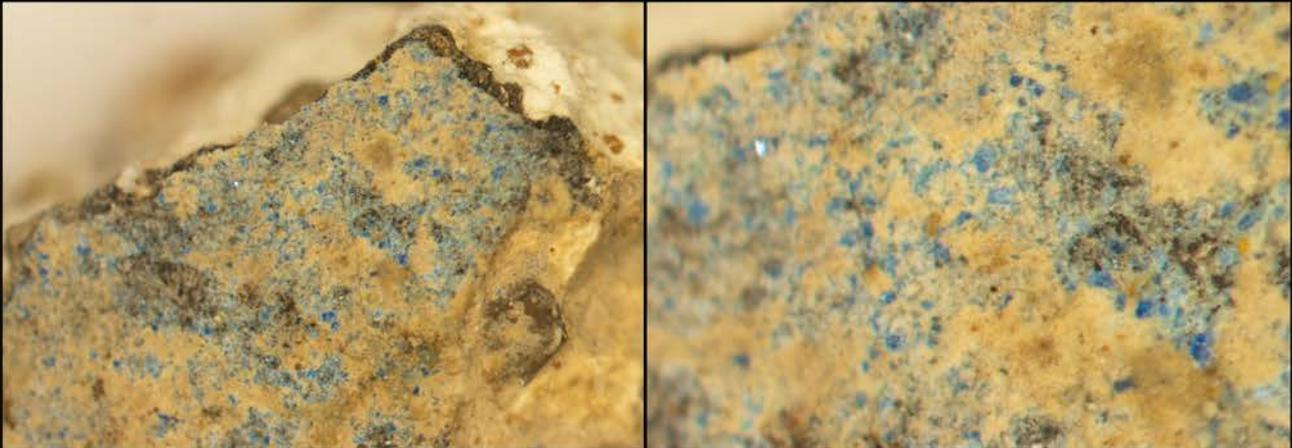


RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Concreciones		Sp7: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Concreciones de tierras
Ocre	Sp1-4: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp6: C, Ca, Fe, Al, Si, K Sp8: C, Ca, Fe, Al, Si	Oxi-hidróxidos de hierro mezclados con tierras y negro de humo/carbón
Negro		Sp4: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, K Sp5: C, Ca, Fe, Si	Negro de humo/carbón y negro de hueso mezclado con tierras
Mortero	Sp5: C, Ca, O, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp2: C, Si Sp3: C, Ca, Si	Mortero de cal, dolomita, cuarzo y feldespato

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 016
MUESTRA	R16 Azul	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

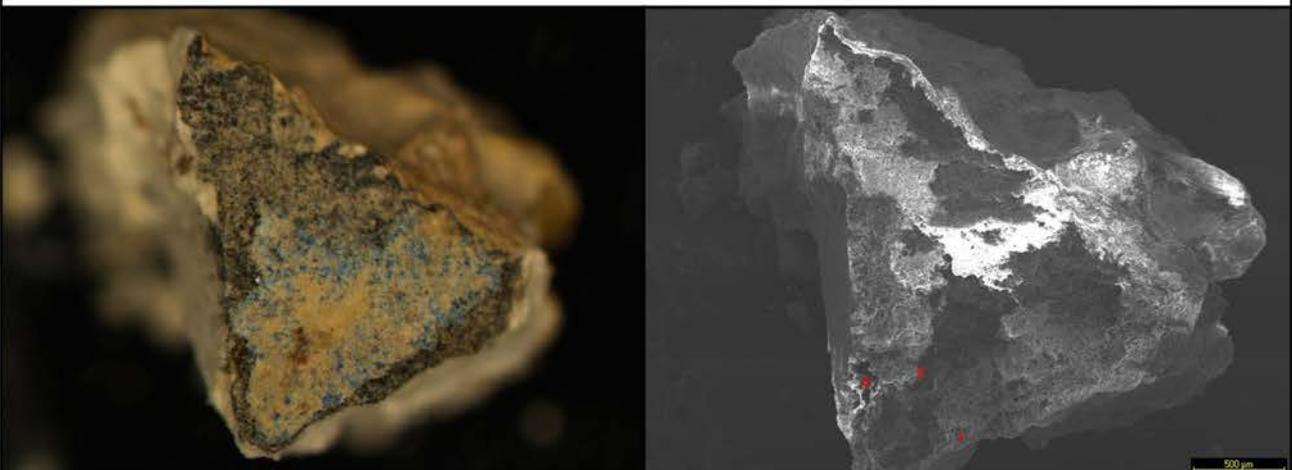


PROBETA PULIDA



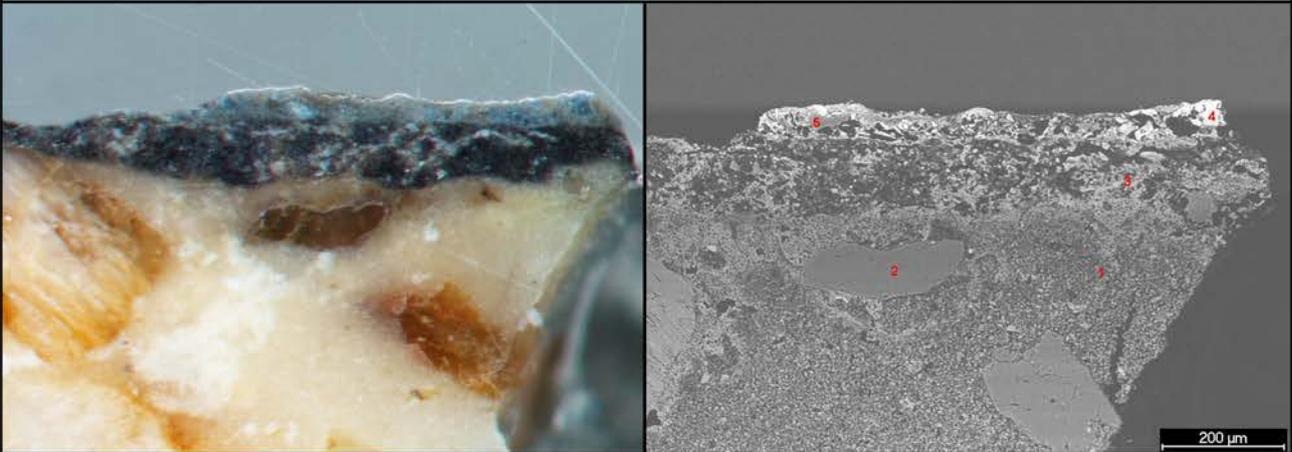
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida

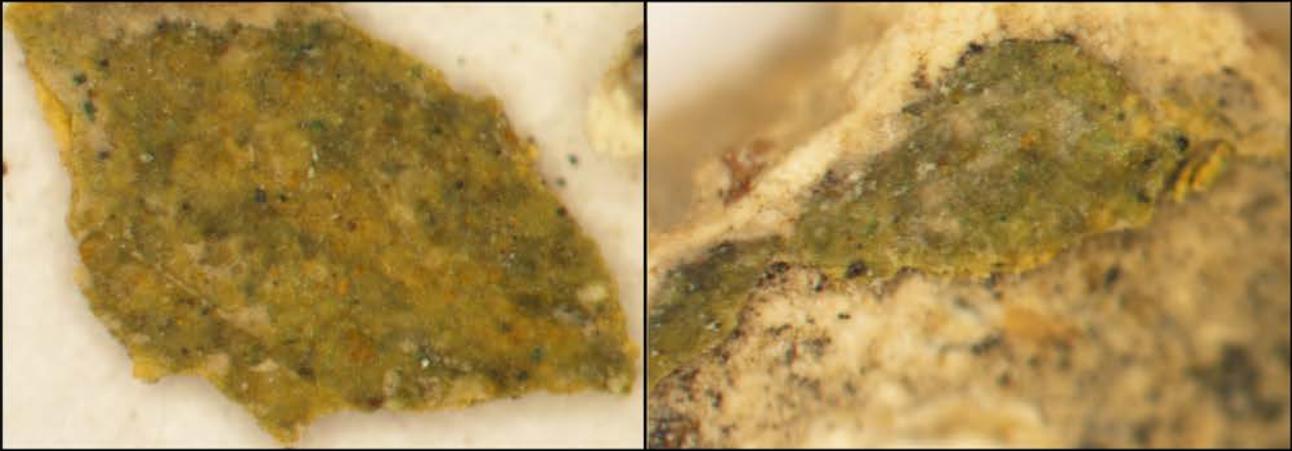


RESULTADOS

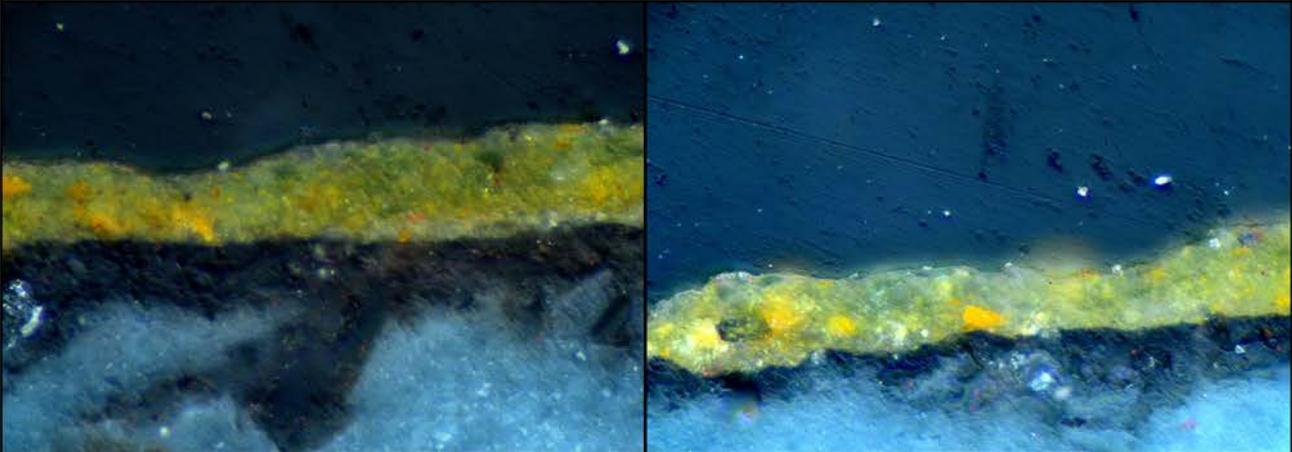
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Azul	Sp1: Ca, Cu, Mg, Al, Si, K Sp2: Ca, Cu, Mg, Al, Si, K	Sp4: Ca, Cu, Al, Si, K	Azul egipcio mezclado con tierras
Negro	Sp3: C, Ca, O, Fe, Mg, Al, Si, P	Sp3: Ca, Al, Si, K	Negro de humo/carbón y negro de hueso mezclado con tierras
Mortero		Sp1: Ca, Si Sp2: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 017
MUESTRA	R17 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

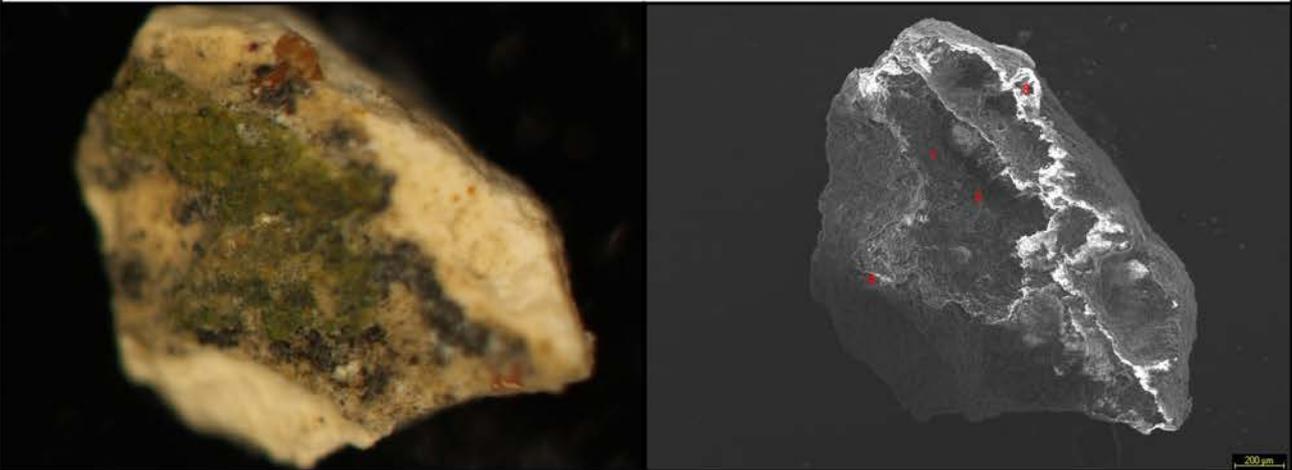


MICROSCOPIO ÓPTICO



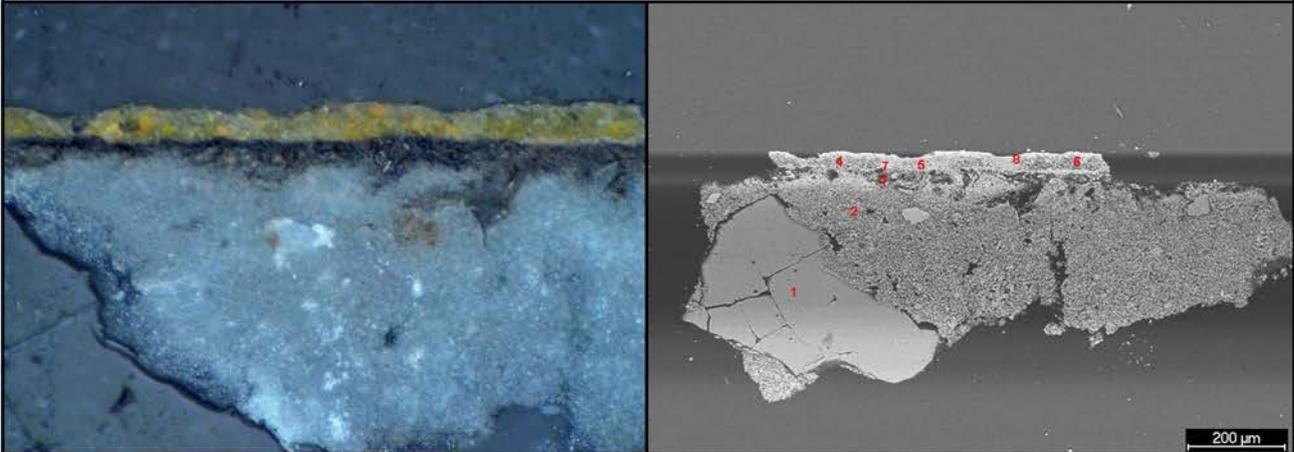
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

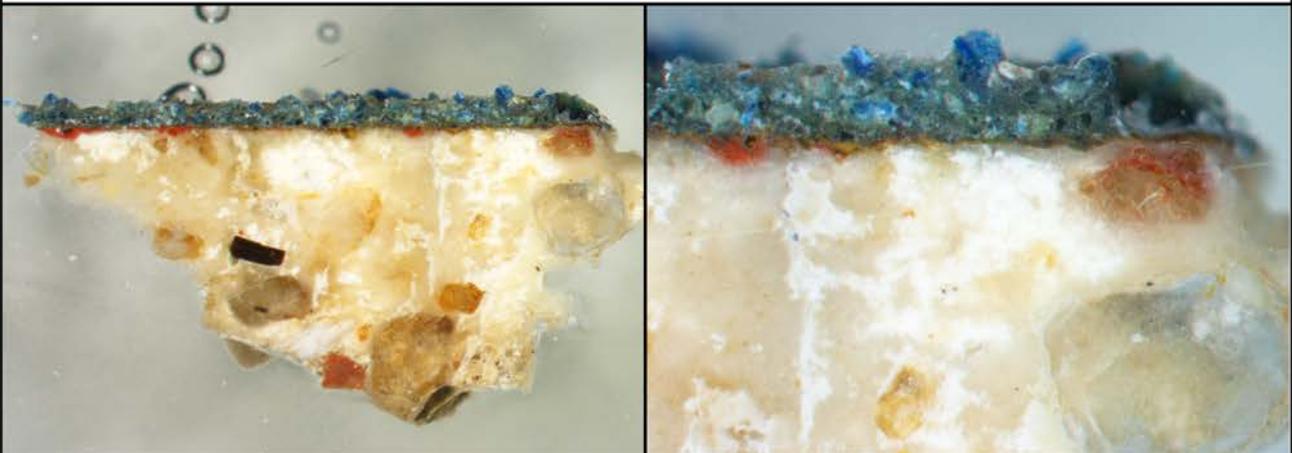
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Verde	Sp1: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp4-8: C, Ca, Fe, Al, Si, K	Oxi-hidróxidos de hierro y tierra verde
Negro	Sp4: C, Ca, Fe, Al, Si, K	Sp3: C, Ca, Si, P	Negro de humo/carbón, negro de hueso y tierras
Mortero	Sp3: Ca, Fe, Al, Si	Sp1: Si Sp2: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 018
MUESTRA	R18 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

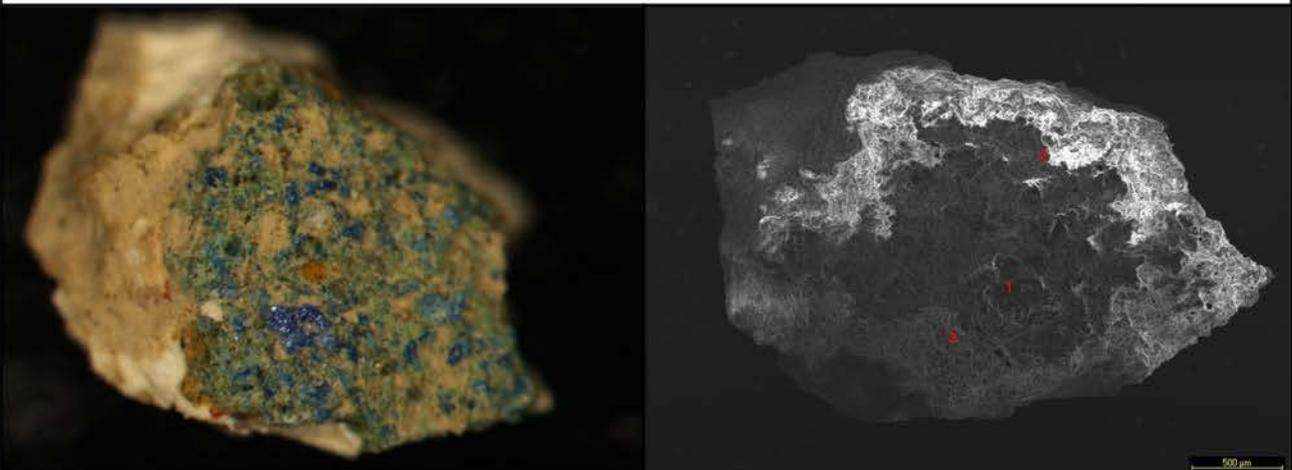


PROBETA PULIDA



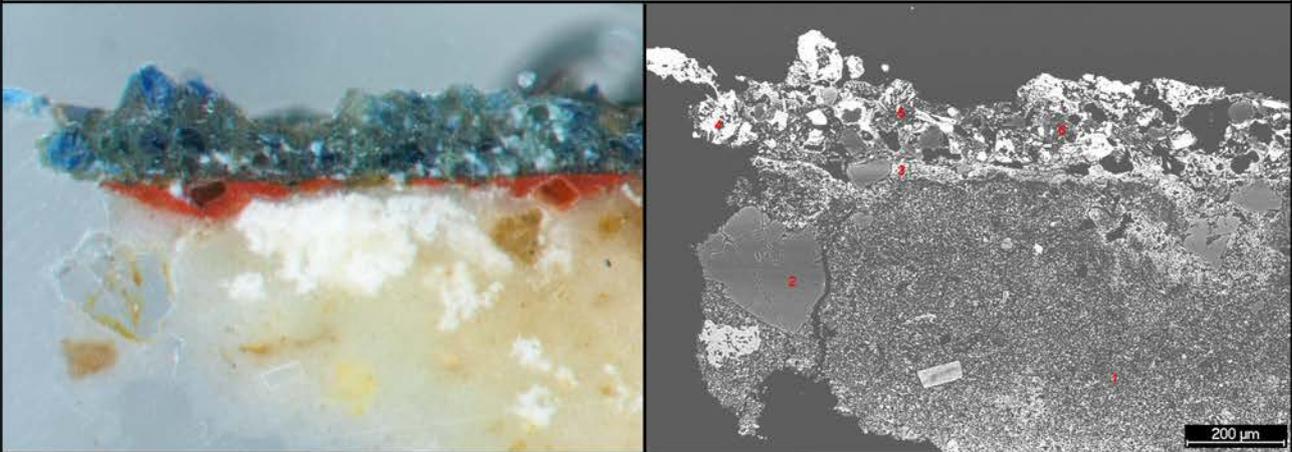
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Verde	Sp1: Ca, Fe, Cu, Al, Si, K Sp2: Ca, Fe, Cu, Mg, Al, Si, K Sp3: Ca, Fe, Cu, Mg, Al, Si, K	Sp4: Ca, Cu, Al, Si, K Sp5: Ca, Fe, Cu, Al, Si, K Sp6: Ca, Fe, Cu, Al, Si, K	Azul egipcio mezclado con tierra verde
Rojo		Sp3: Ca, Fe, Al, Si, Pb, K	Hematites y rojo de plomo mezclado con tierras
Mortero		Sp1: Ca, Si Sp2: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

OBSERVACIONES

En la fotografía tomada de la muestra preparada en probeta pulida se observa claramente que el estrato de policromía rojo se encuentra espatulado mientras que el estrato verde no. En las imágenes tomadas mediante microscopía estereoscópica se puede observar la superficie rugosa del estrato verde.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 019
MUESTRA	R19 Naranja	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

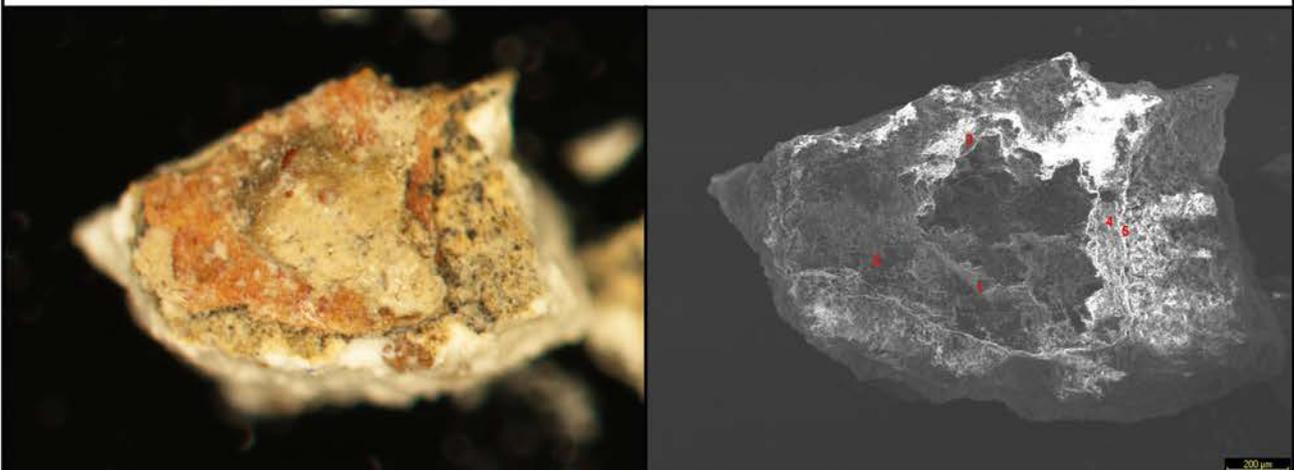


PROBETA PULIDA



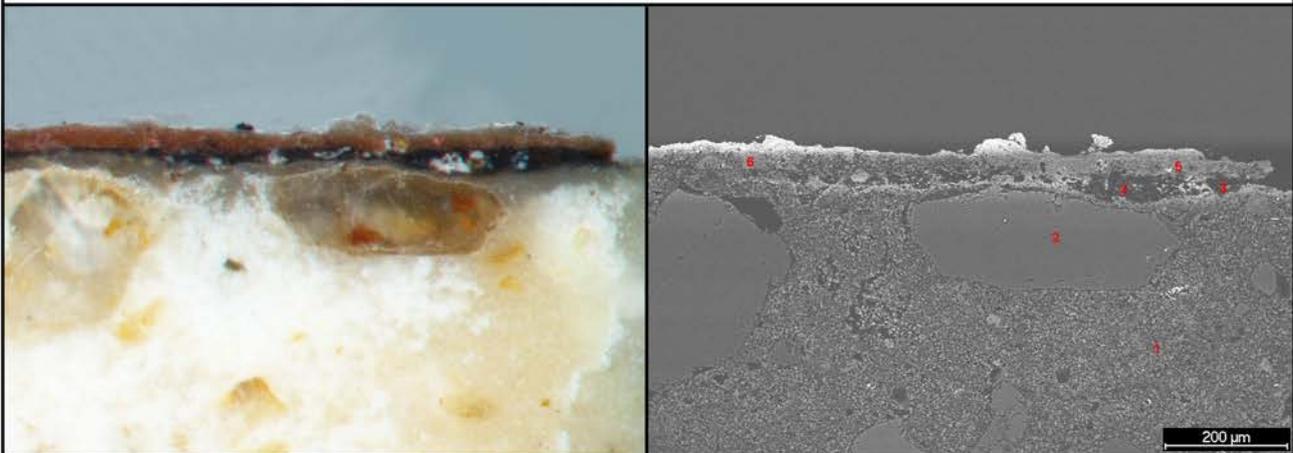
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp1: C, Fe, Mg, Al, Si, K Sp3: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K		Concreciones de tierras
Naranja	Sp2: C, Fe, Mg, Al, Si, P, K	Sp5: Ca, Fe, Al, Si, K Sp6: Ca, Fe, Si	Oxi-hidróxidos de hierro mezclados con tierras
Negro	Sp5: Ca, Ti, Mn, Fe, Mg, Al, Si, P, K	Sp3: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si Sp4: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si	Negro de humo/carbón y negro de hueso mezclado con tierras
Mortero		Sp1: Ca, Si Sp2: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 020
MUESTRA	R20 Mármol	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

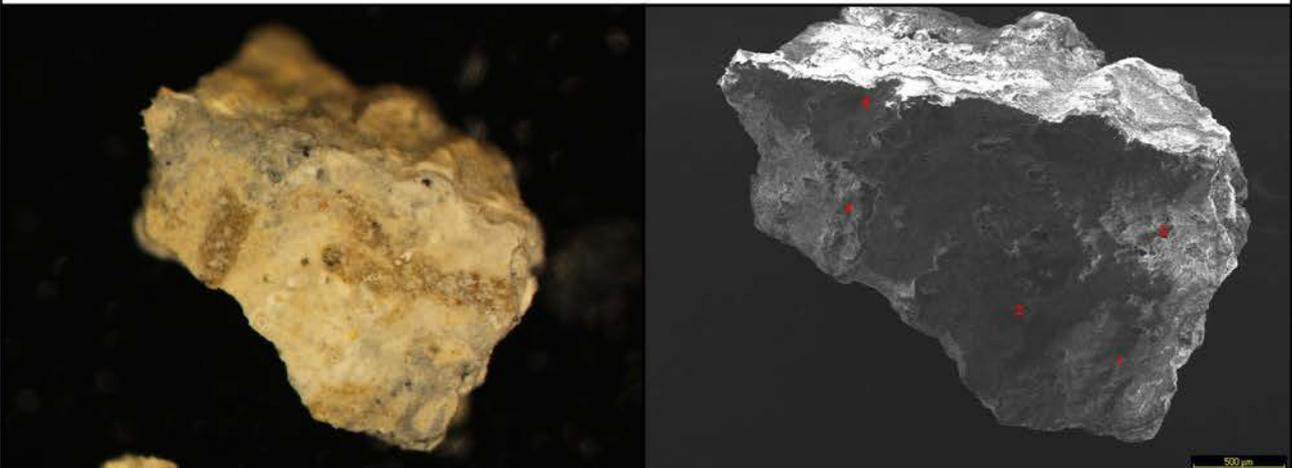


PROBETA PULIDA



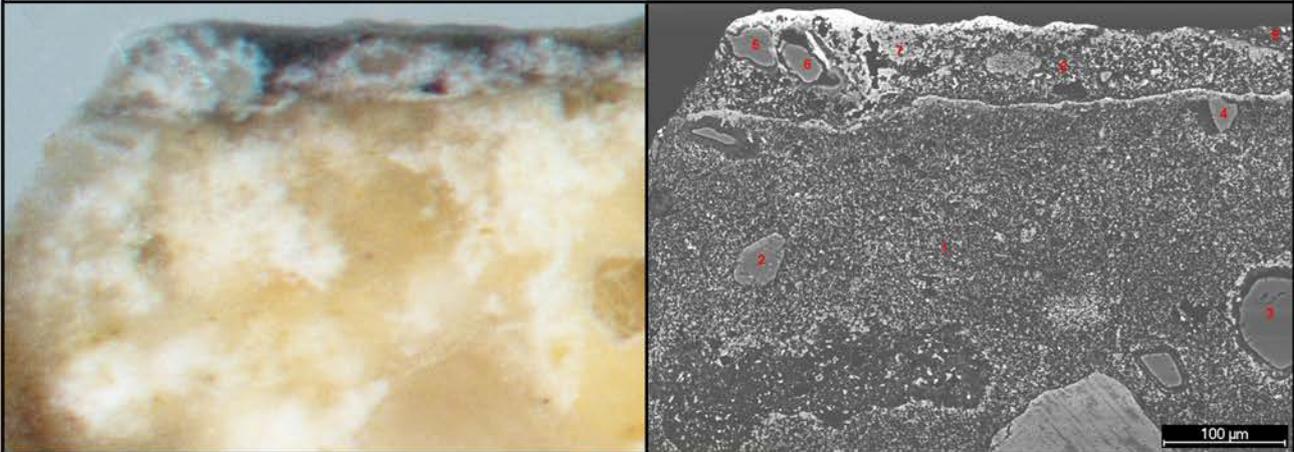
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida



RESULTADOS

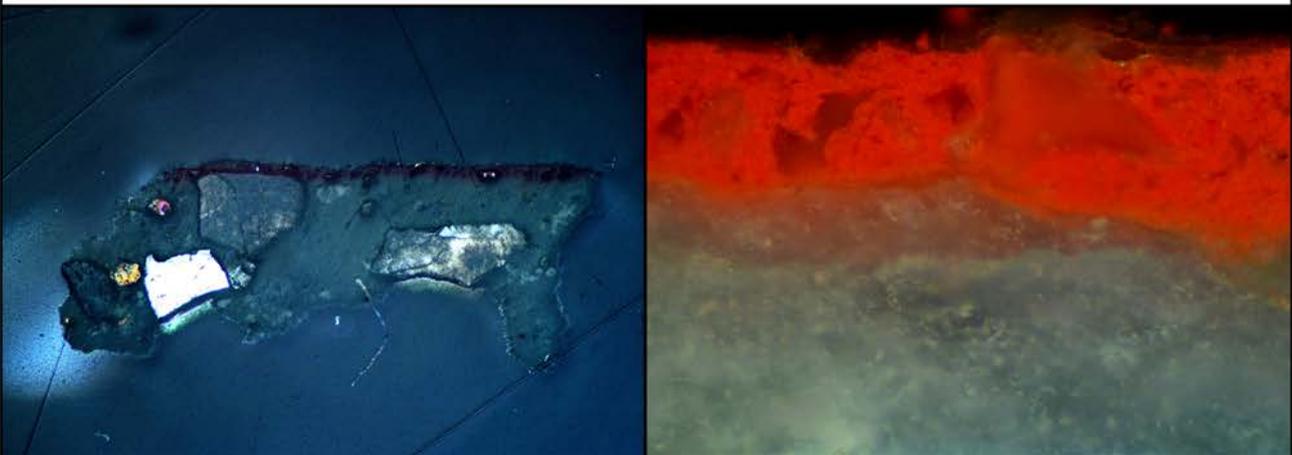
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Imitación mármol	Sp1: C, Ca, O, Fe, Mg, Al, Si, P Sp2: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, K Sp4: C, O, Fe, Mg, Al, Si, K, Ca Sp5: C, Ca, O, Mg, Al, Si	Sp7: C, Ca, Si Sp8: C, Ca, Si Sp9: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Negro de humo/carbón y negro de hueso mezclado con tierras
Mortero		Sp1: Ca, Si Sp2-4: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 021
MUESTRA	R21 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

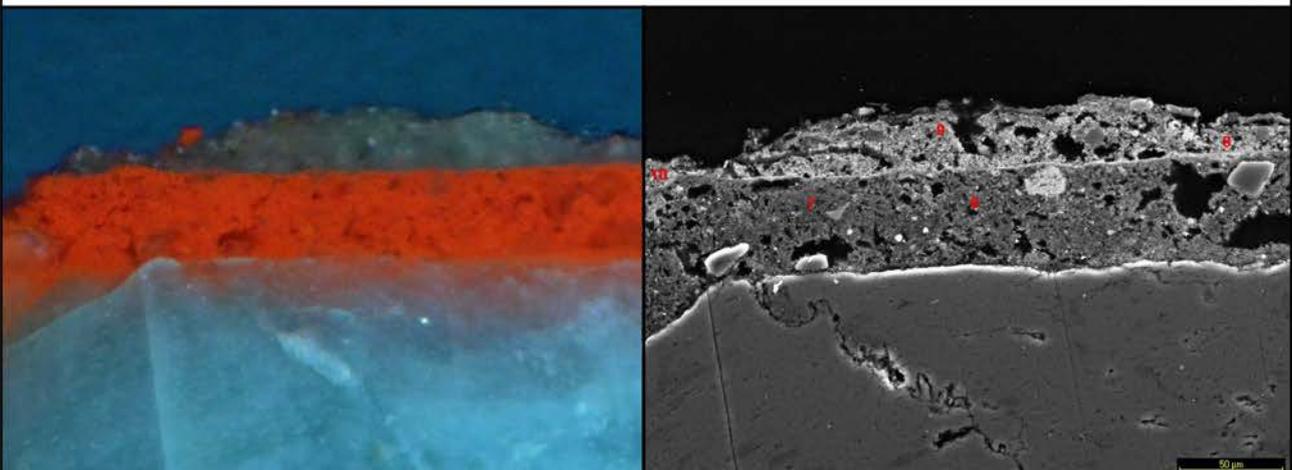


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

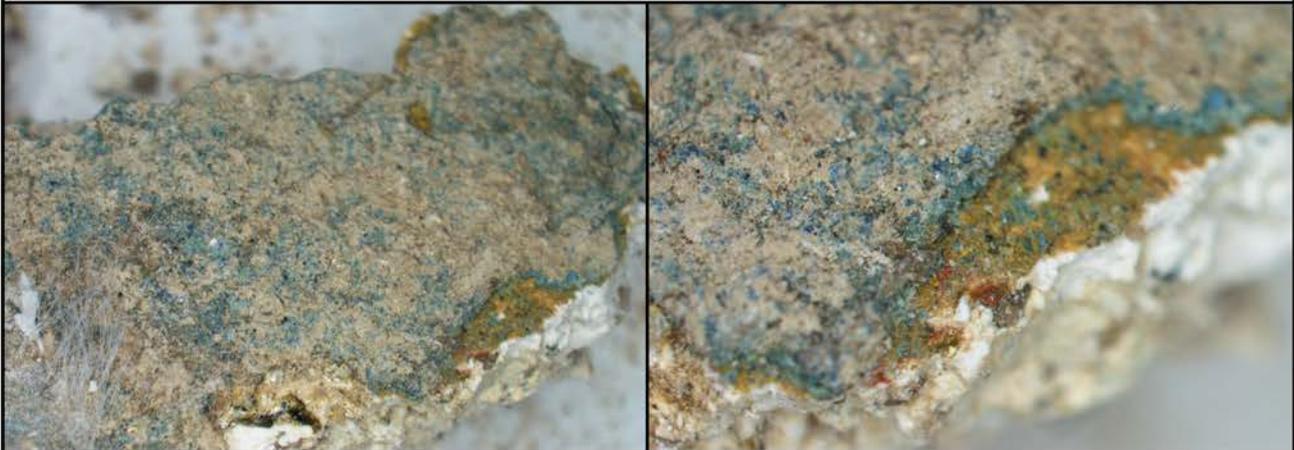
Lámina delgada



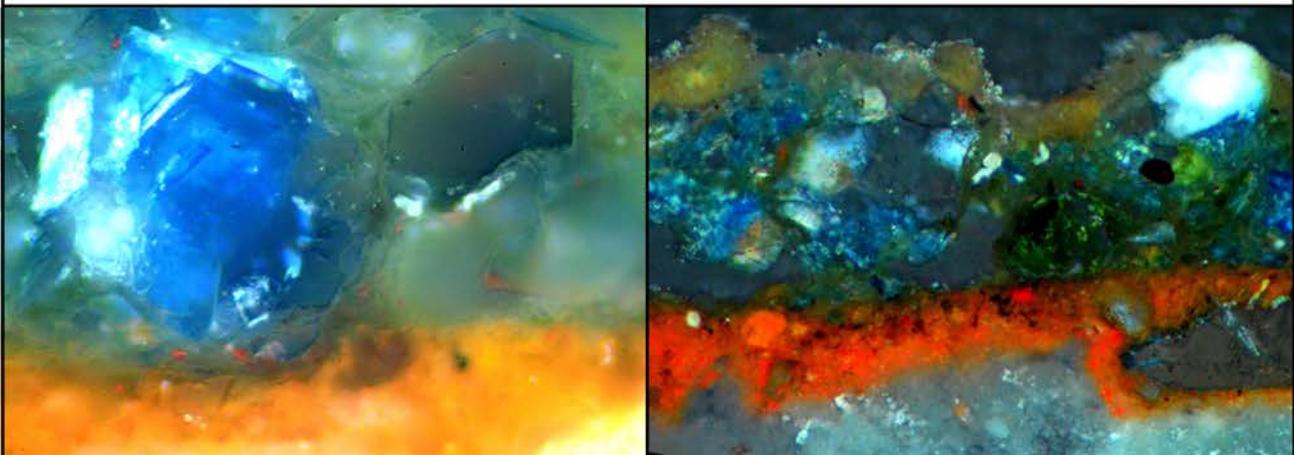
RESULTADOS		
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp8: Ca, Al, Si, P, Pb Sp10: Ca, Fe, Al, Si, P, Pb, K	Concreciones de cal y tierras
Rojo	Sp6: Ca, Fe, Al, Si, P, Pb Sp7: Ca, Fe, Si, Pb	Hematites mezclado con rojo de plomo y negro de hueso
Mortero	Sp1: Al, Si, K Sp2: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo y feldespato
OBSERVACIONES		
<p>En las fotografías tomadas mediante microscopía estereoscópica de la muestra sin preparar es posible apreciar dos estratos de policromía roja; por el contrario, en las fotografías tomadas mediante microscopía óptica de la muestra una vez preparada como lámina delgada-pulida no es posible distinguir estos dos estratos.</p> <p>Los análisis elementales han corroborado que el estrato superior de rojo es el que contiene una mayor cantidad de plomo; dichos resultados han sido corroborados con un mapa de distribución de elementos efectuado mediante microscopio electrónico de barrido de alta resolución.</p>		

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS		Ficha 022
MUESTRA	R22 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

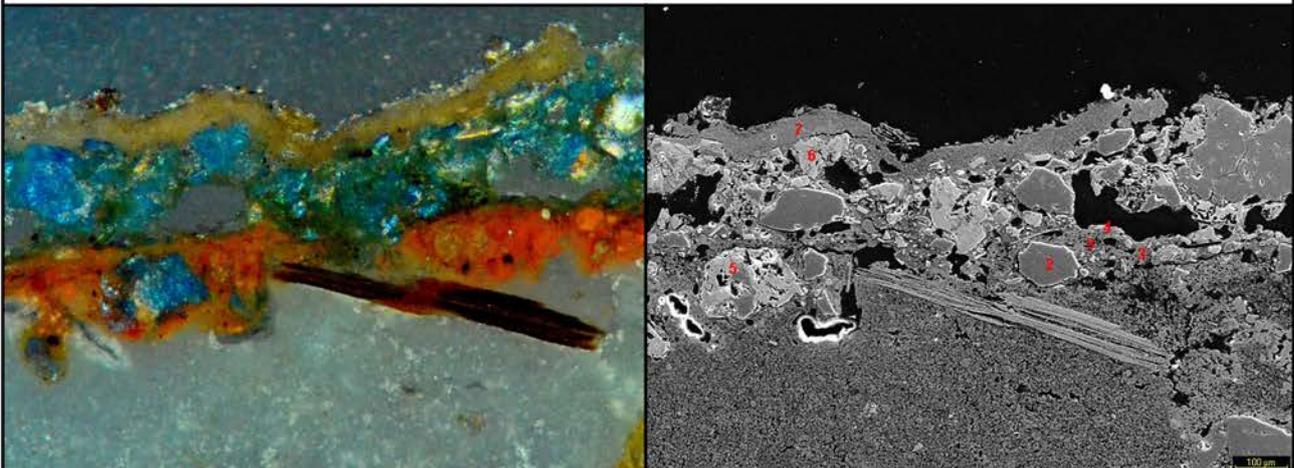


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

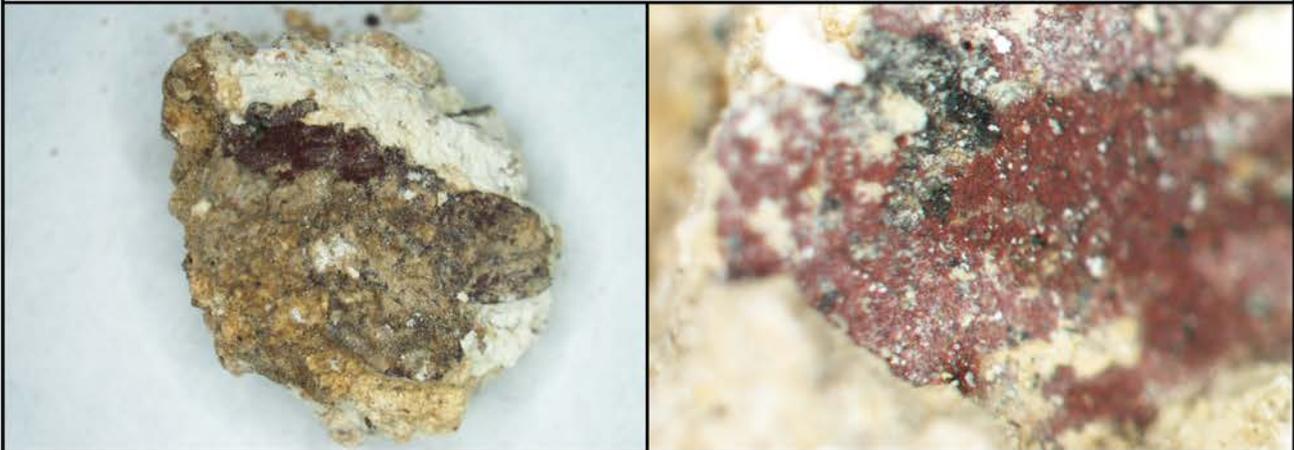
Lámina delgada



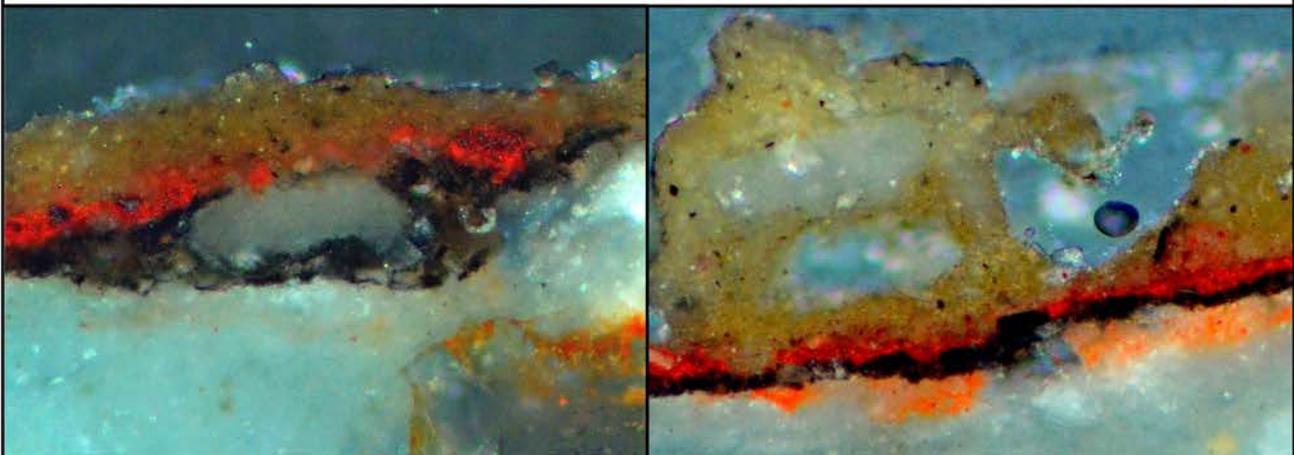
RESULTADOS		
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp7: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Concreciones de cal y tierras
Verde	Sp5: Ca, Cu, Si Sp6: Ca, Fe, Cu, Al, Si, K	Azul egipcio mezclado con tierra verde
Rojo	Sp3: Ca, Fe, Al, Si, K Sp4: Ca, Fe, Si, K	Hematites mezclado con tierras
Mortero	Sp1: Ca, Si Sp2: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo
OBSERVACIONES		
<p>En la imagen de la muestra preparada como lámina delgada se puede observar un resto de paja empleada como aditivo en el mortero.</p>		

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 023
MUESTRA	R24 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

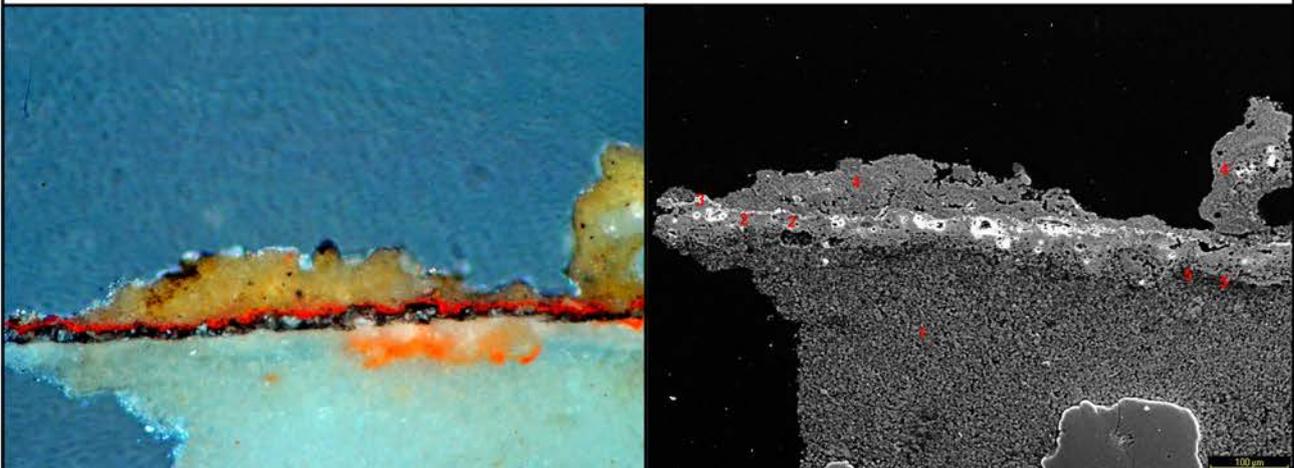


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

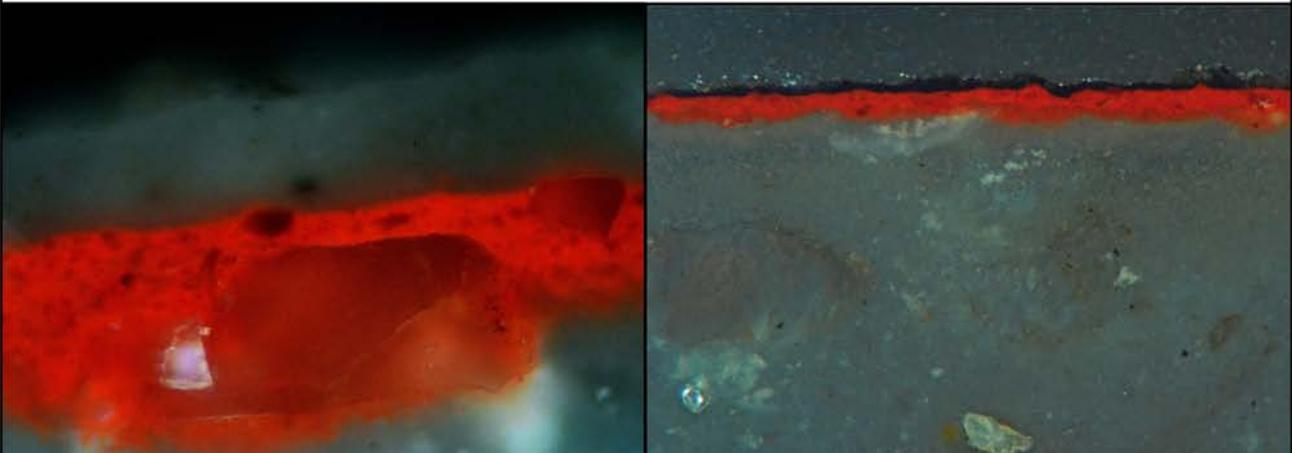
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp4: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Concreciones de cal y tierras
Rojo	Sp3: Ca, Fe, Si	Hematites y tierras
Negro	Sp5: C, Ca, Si	Negro de humo/carbón
Mortero	Sp1: Ca, Al, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo y feldespato

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 024
MUESTRA	R25 Rojo y blanco	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

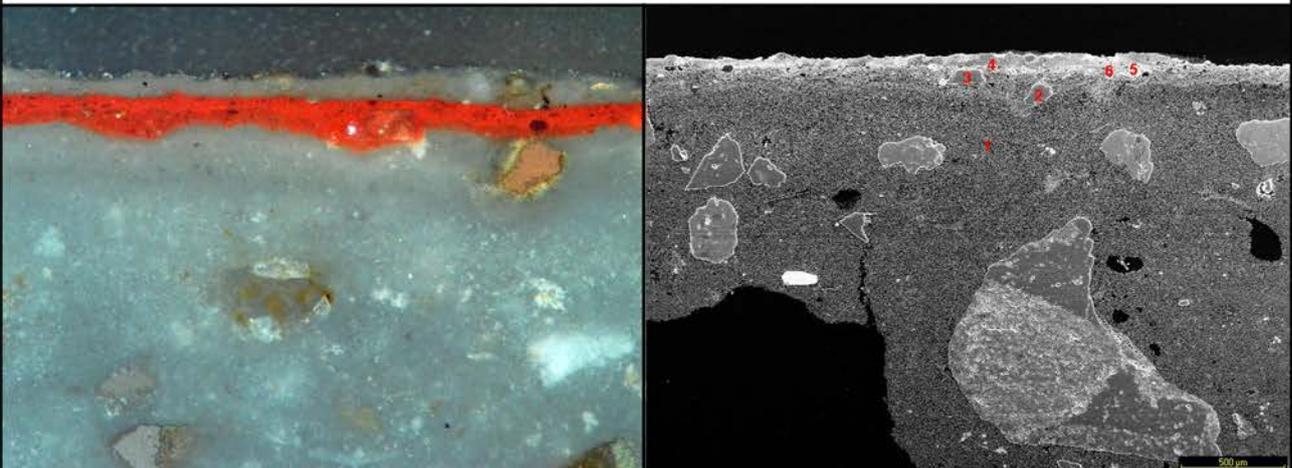


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

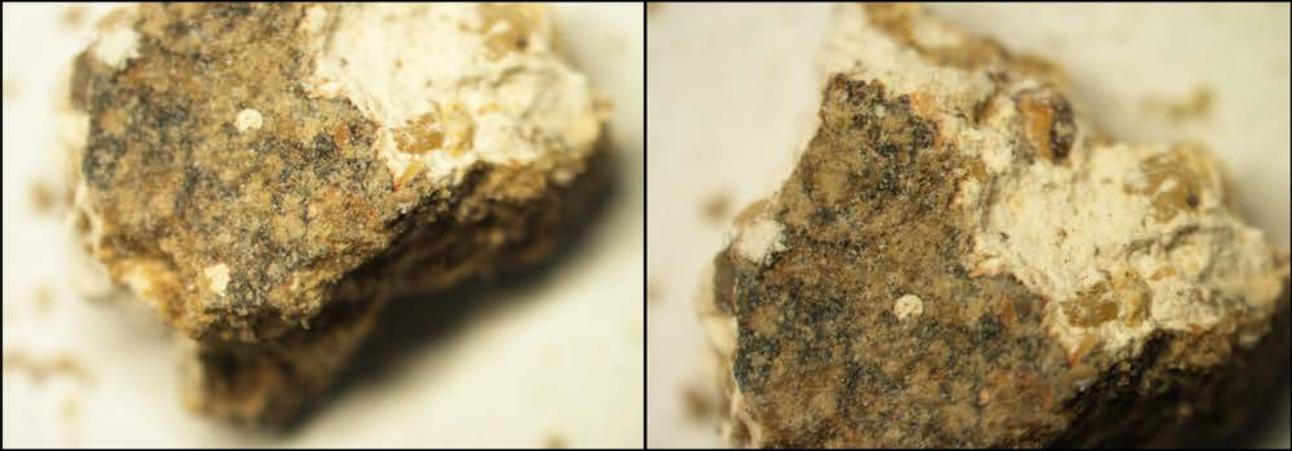
Lámina delgada



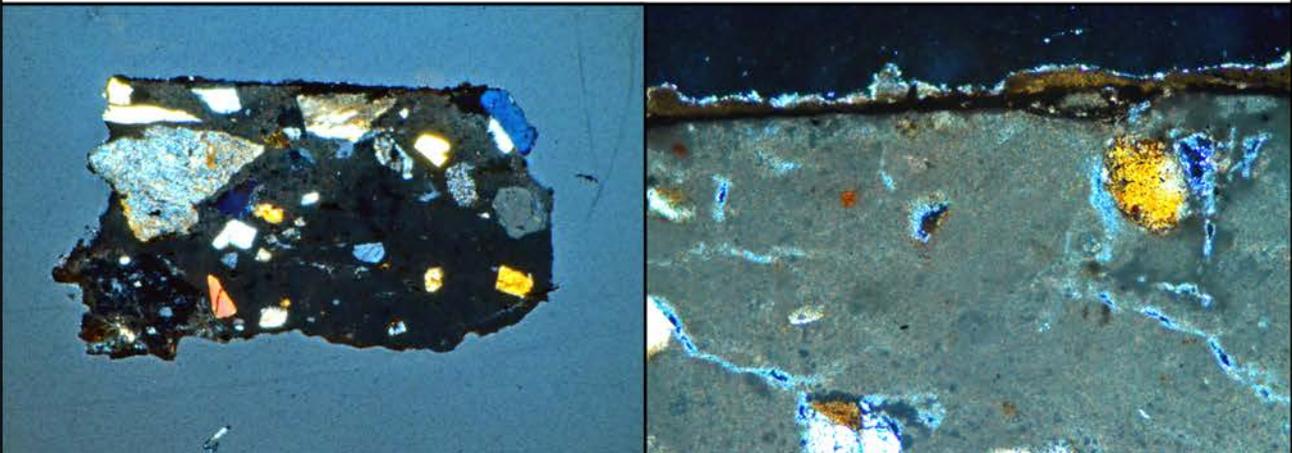
RESULTADOS		
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Blanco	Sp4: Ca, Fe, Si, Pb	Blanco de cal y blanco de plomo
Negro	Sp5: C, Ca, Fe, Si, P, Pb	Negro de hueso y de humo/carbón
Rojo	Sp6: C, Ca, Fe , Si, P, Pb	Hematites y rojo de plomo mezclado con negro de humo/carbón y negro de hueso
Mortero	Sp1: Ca, Si Sp2: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo
OBSERVACIONES		
<p>El plomo identificado en el espectro 4 correspondiente al estrato de policromía blanco se puede deber al empleo de blanco de plomo, aunque es difícil asegurar su utilización ya que se podría atribuir a su uso o a la contaminación por el estrato de policromía rojo, donde sí se ha documentado en varias muestras el empleo de rojo de plomo.</p>		

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 025
MUESTRA	R26 Pardo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

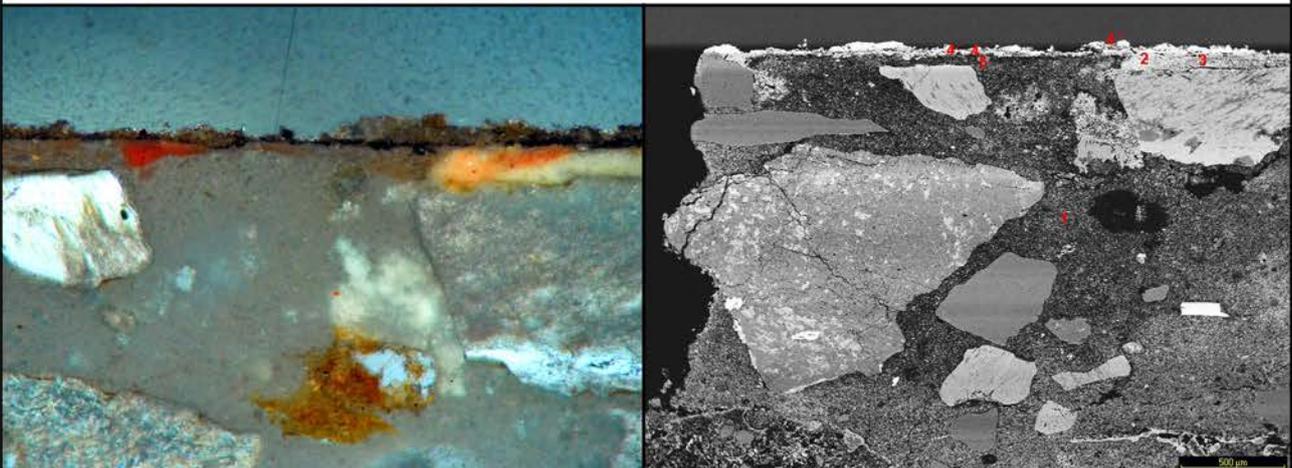


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

Lámina delgada



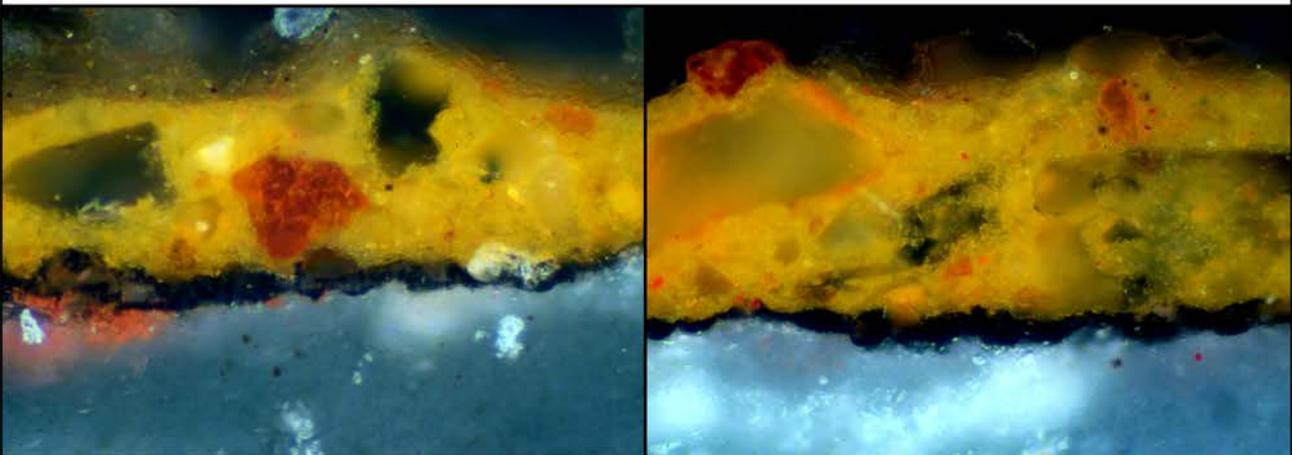
RESULTADOS		
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Pardo	Sp4: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp5: Ca, Fe, Si.	Mezcla de tierras
Mortero	Sp1: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo
OBSERVACIONES		
<p>El espectro 2 corresponde a unas concreciones de pigmento rojo que aparecen por debajo de la capa pictórica negra, aunque no se aprecia que sea un estrato continuo.</p> <p>En las fotografías tomadas mediante microscopio óptico de la muestra preparada como lámina delgada es posible apreciar la cantidad de árido presente en el último estrato de mortero, así como su diversidad en cuanto a morfología y tamaño se refiere.</p>		

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 026
MUESTRA	R27 Ocre	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

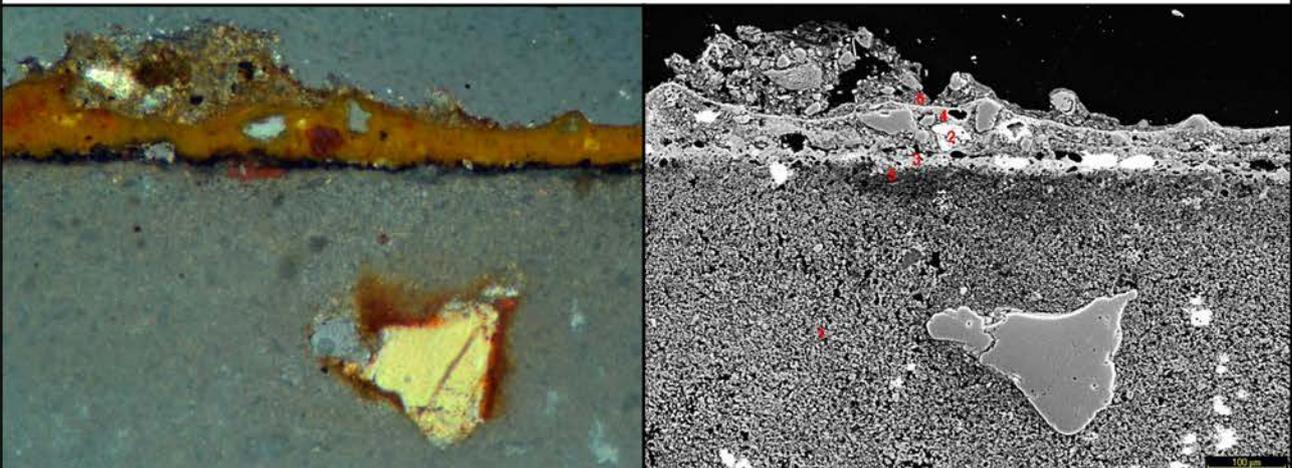


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

Lámina delgada

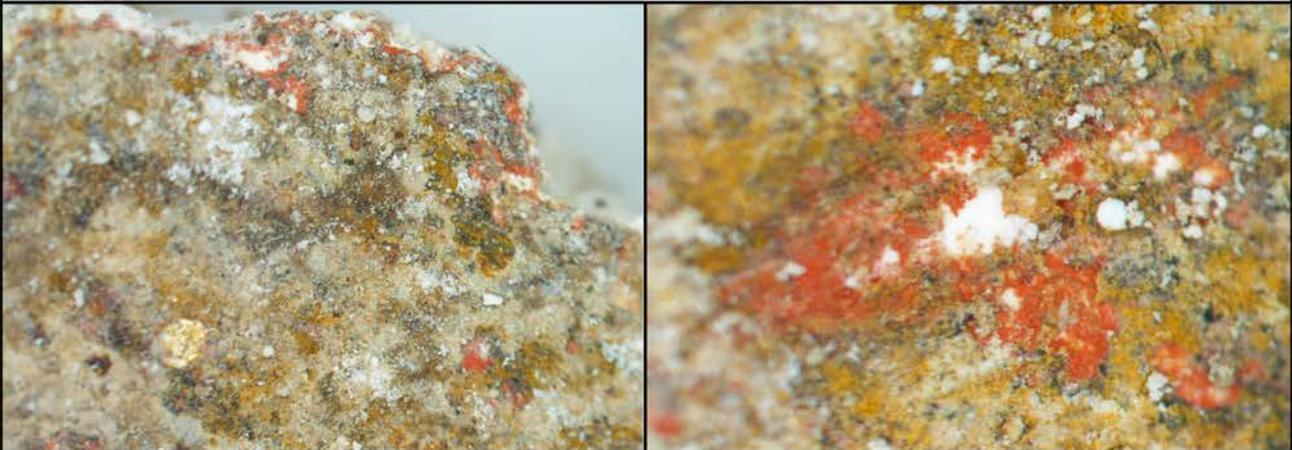


RESULTADOS

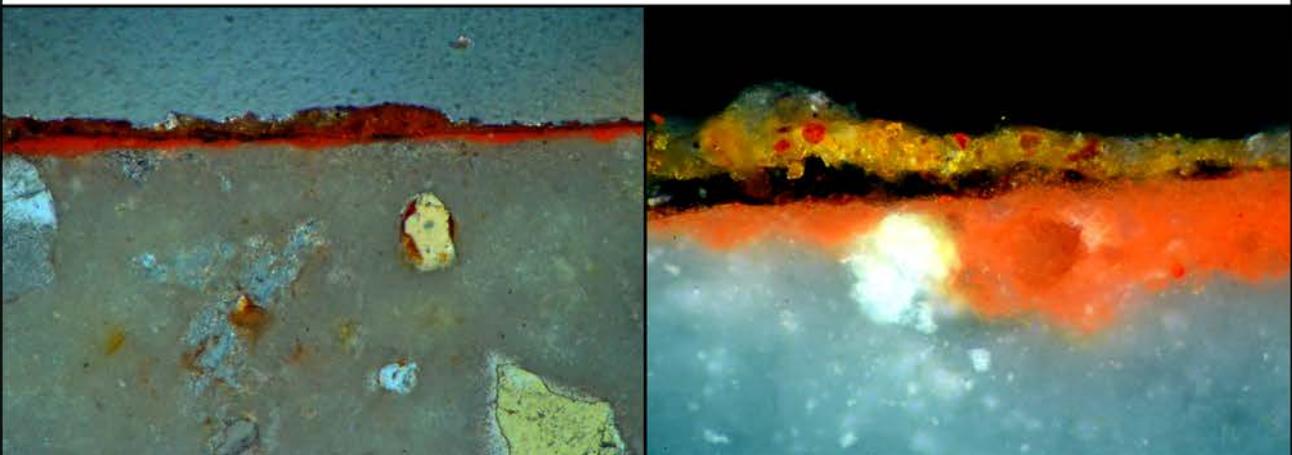
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp6: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Concreciones de tierras
Ocre	Sp4: C, Ca, Fe, Al, Si	Oxi-hidróxidos de hierro
Negro	Sp3: C, Ca, Si	Negro de humo/carbón
Mortero	Sp1: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 027
MUESTRA	R28 Ocre	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

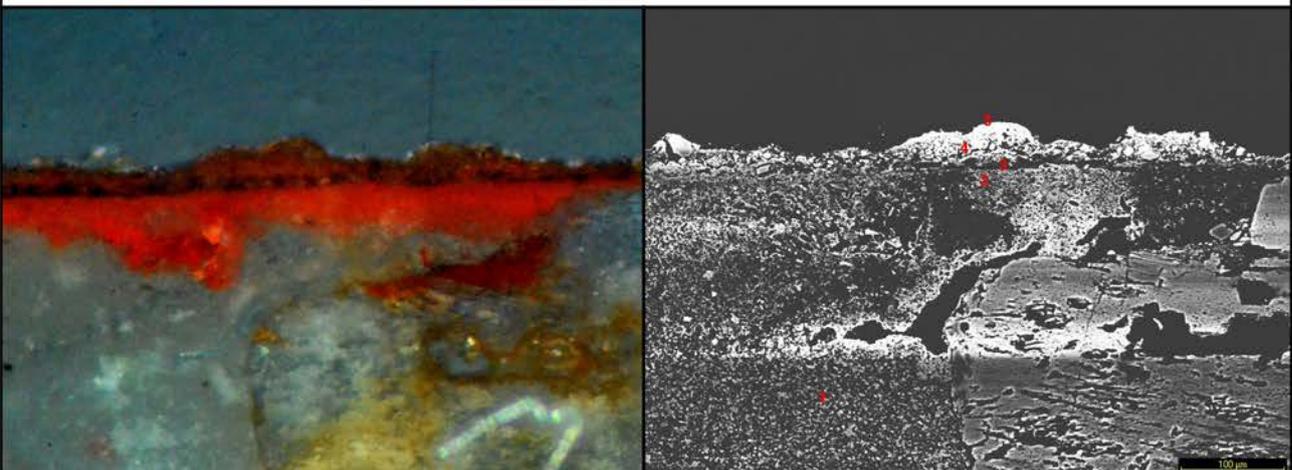


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

Lámina delgada

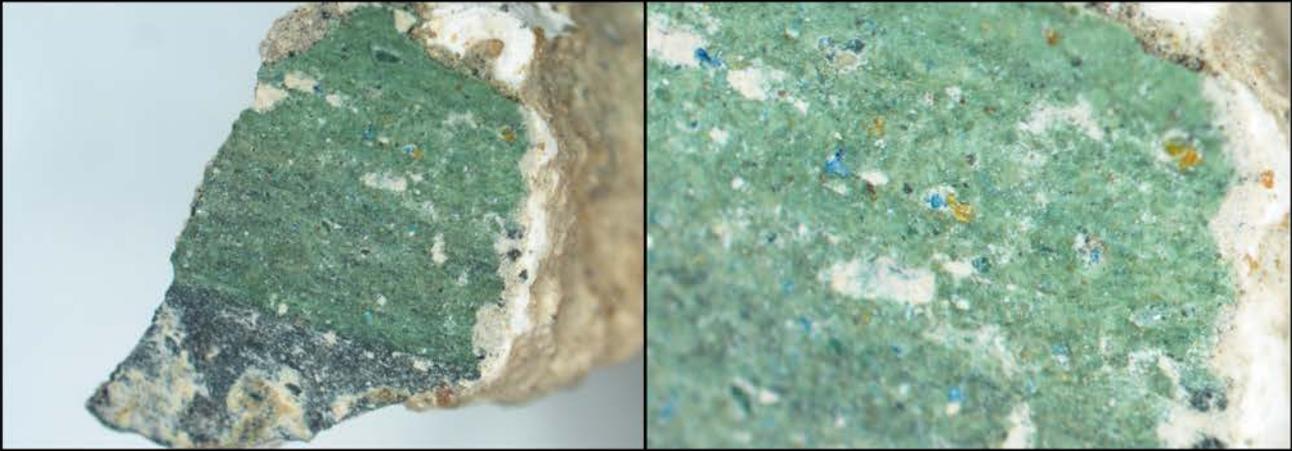


RESULTADOS

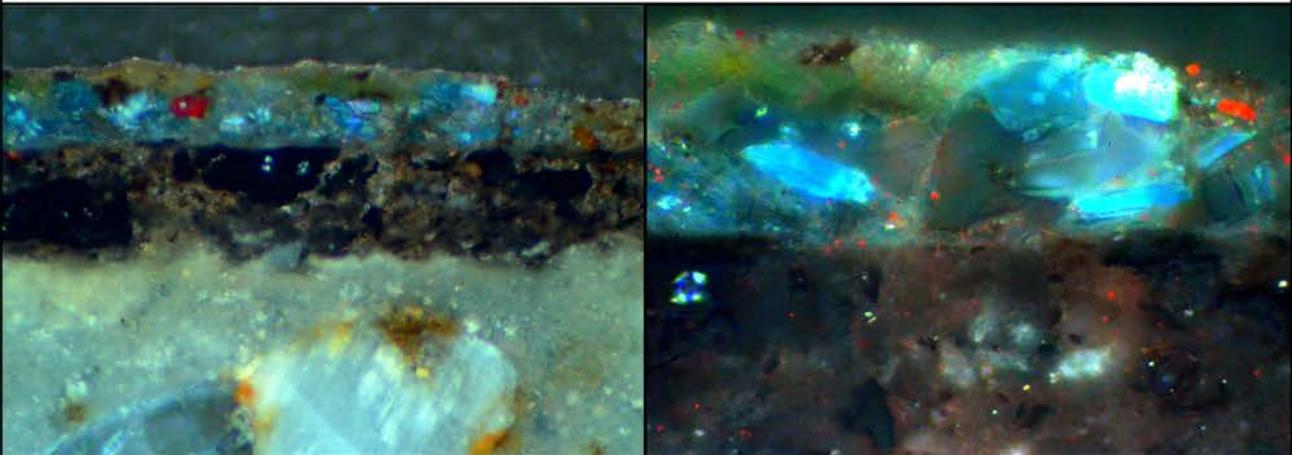
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Ocre	Sp4: C, Ca, O, Fe, Mg, Al, Si, K	Oxi-hidróxidos de hierro mezclados con tierras
Negro	Sp3: C, Ca, O, Fe, Si	Negro de humo/carbón mezclado con tierras
Rojo	Sp2: C, Ca, O, Fe, Si	Hematites mezclado con negro de humo/carbón
Mortero	Sp1: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 028
MUESTRA	R34 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

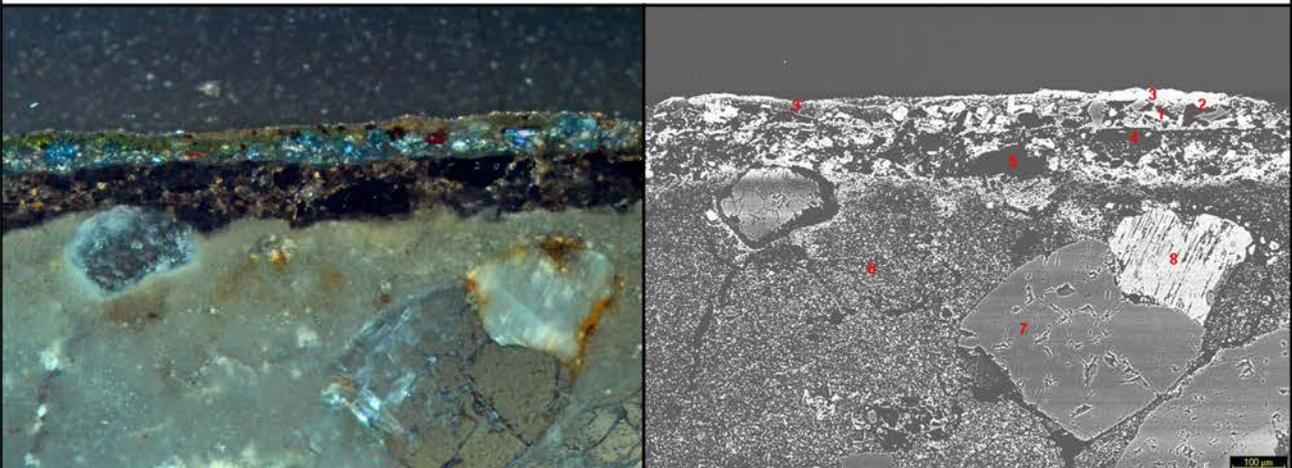


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

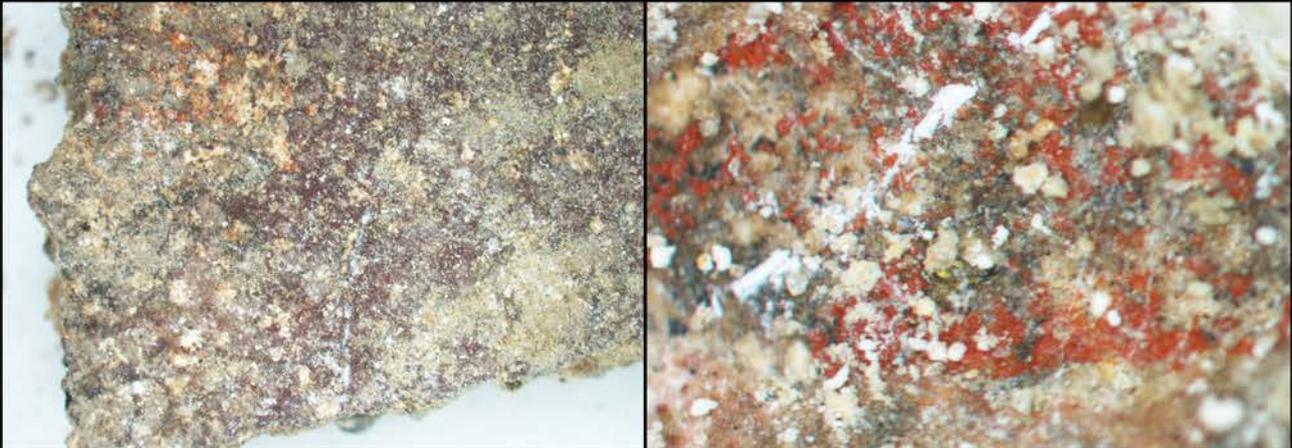
Lámina delgada



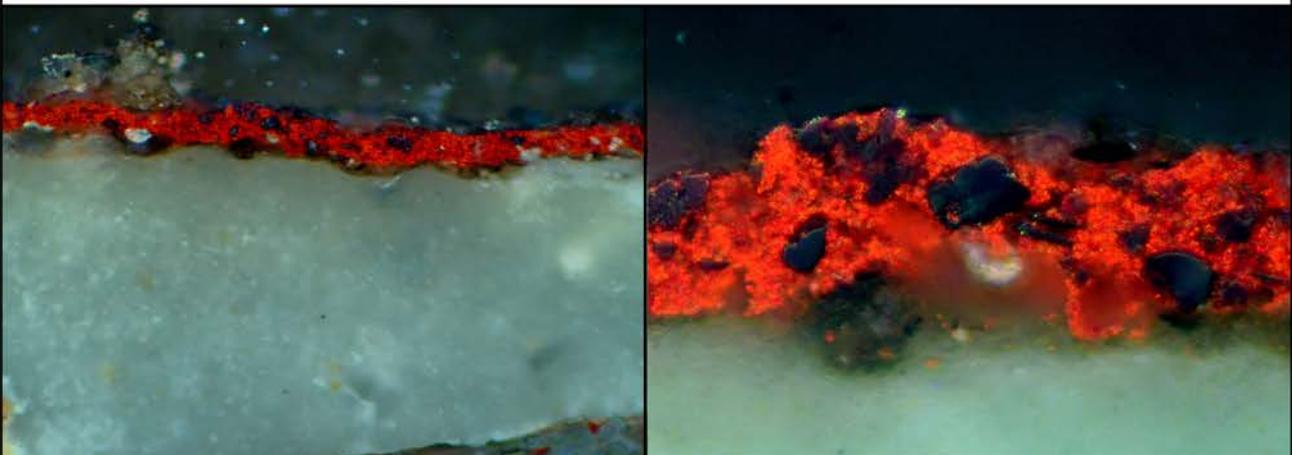
RESULTADOS		
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Verde	Sp3: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Tierra verde
Azul	Sp2: Ca, Cu, Si	Azul egipcio
Negro	Sp4: C, Ca, Cu, Si, P Sp5: C, Ca	Negro de humo/carbón y de hueso
Mortero	Sp6: Ca, Si Sp8: Ca, Al, Si, K	Mortero de cal, árido de cuarzo y feldespato
OBSERVACIONES		
<p>La estratificación de esta muestra es distinta a las vistas anteriormente ya que ésta pertenece a la decoración del interpanel, concretamente a una decoración vegetal.</p>		

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 029
MUESTRA	R38 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

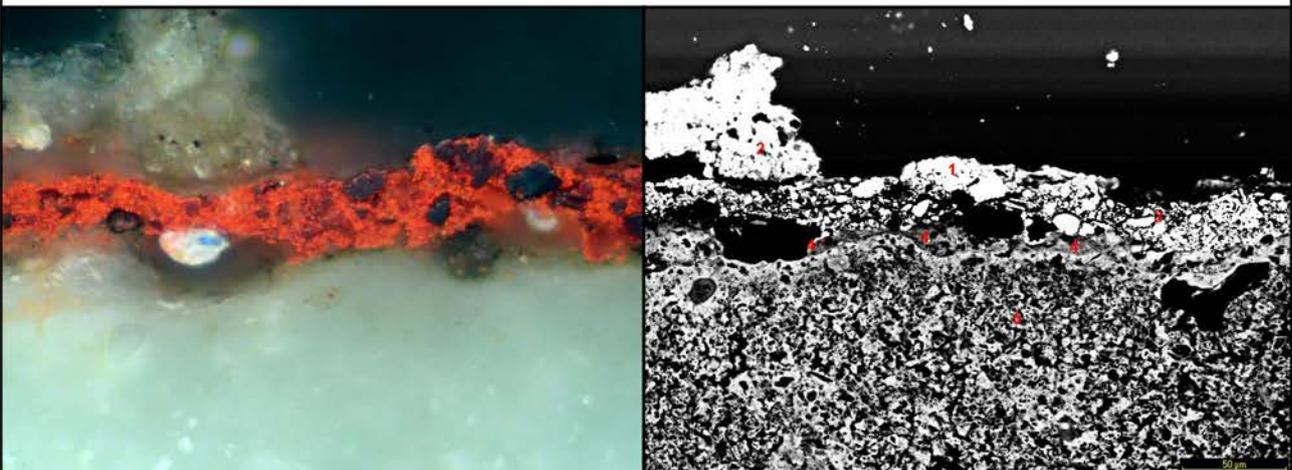


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

Lámina delgada



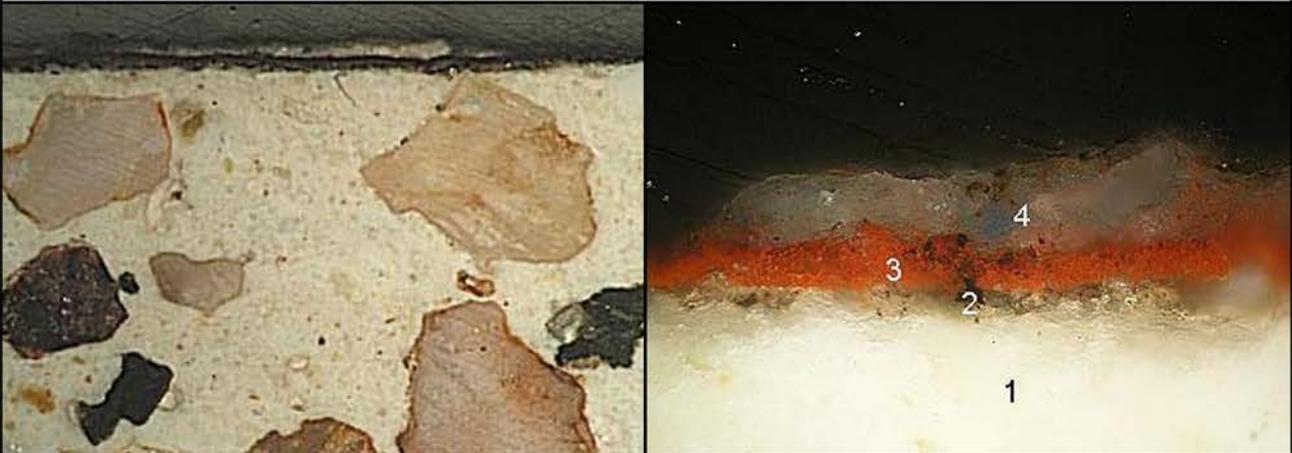
RESULTADOS		
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si	Concreciones de cal y tierras
Negro	Sp4: C, Ca, Fe, Al, Si, P	Negro de humo/carbón y negro de hueso
Rojo	Sp1: Fe, Si Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si	Hematites mezclado con tierras
Mortero	Sp1: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo
OBSERVACIONES		
<p>El estrato de color rojo tiene inclusiones de pigmento negro.</p>		

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 030
MUESTRA	R40 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

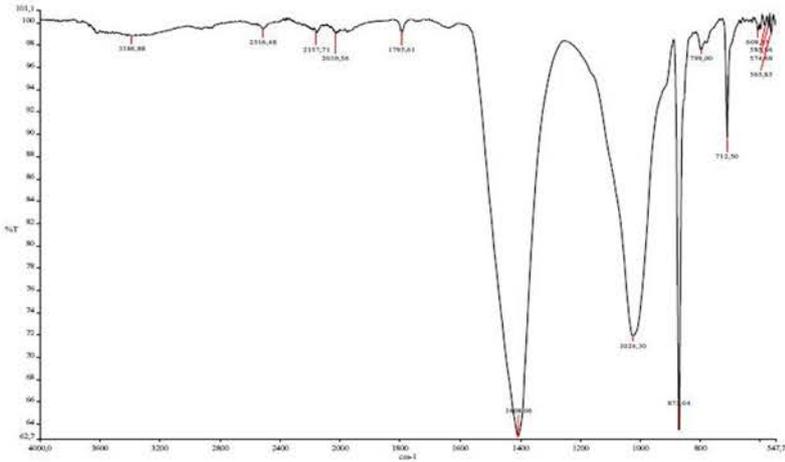
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



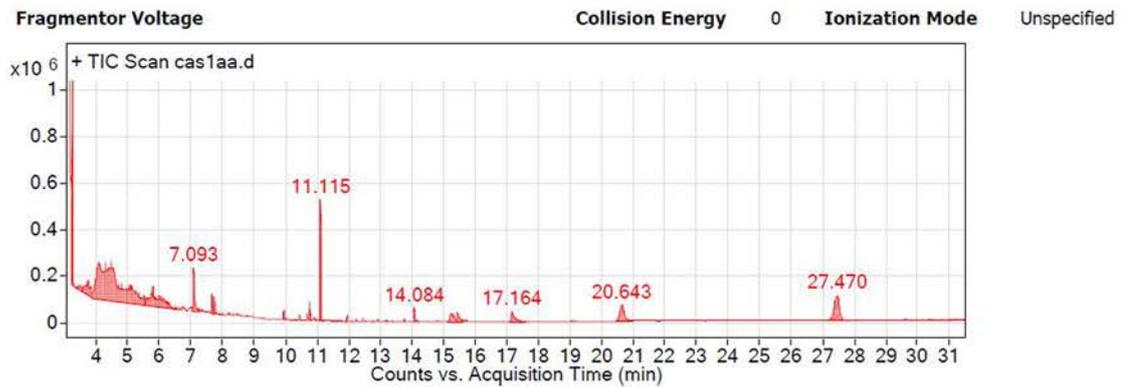
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Aglutinantes	Interpretación de resultados
Rojo	3	-	Hematites mezclado con negro de humo/carbón
Mortero	1	-	Calcita, minerales silíceos

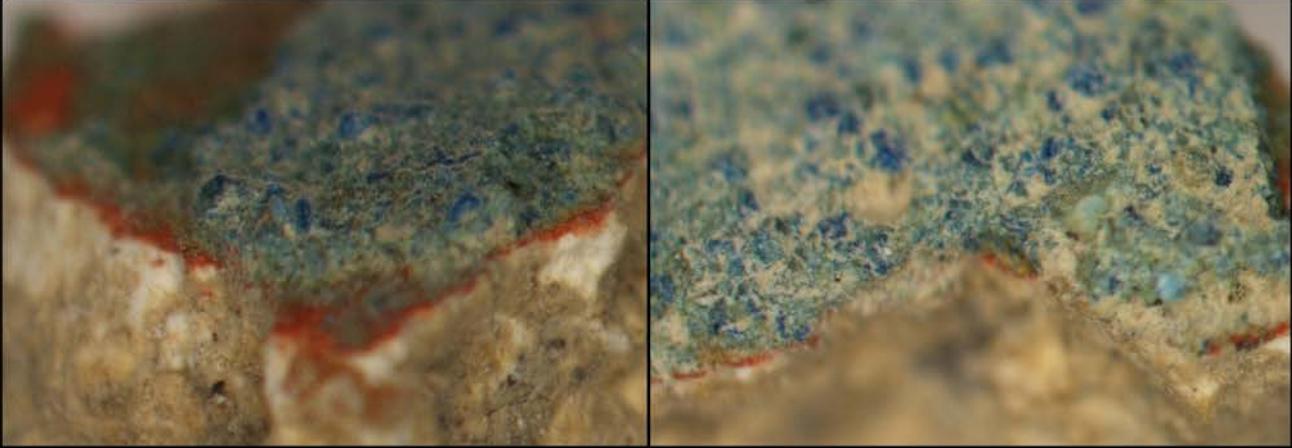
OBSERVACIONES

En los análisis efectuados en esta muestra para la caracterización de aglutinantes no se ha identificado ningún aglutinante orgánico. Tampoco se han detectado oxalatos.

Nuevamente se puede apreciar en la fotografía tomada mediante microscopio óptico de la muestra preparada en lámina delgada el árido presente en el último estrato de mortero, su tamaño y morfología.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 031
MUESTRA	R41 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

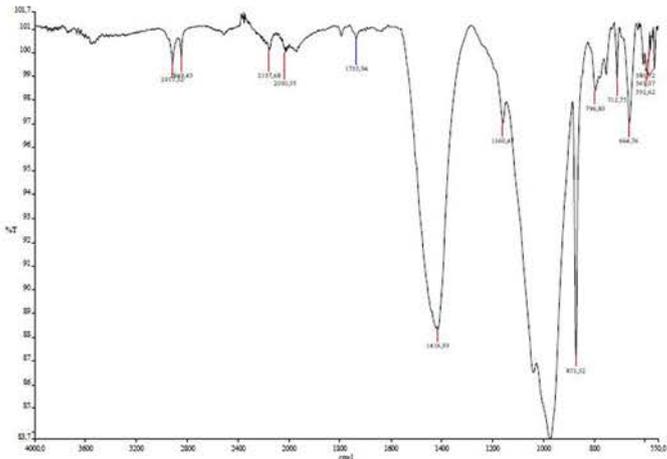
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



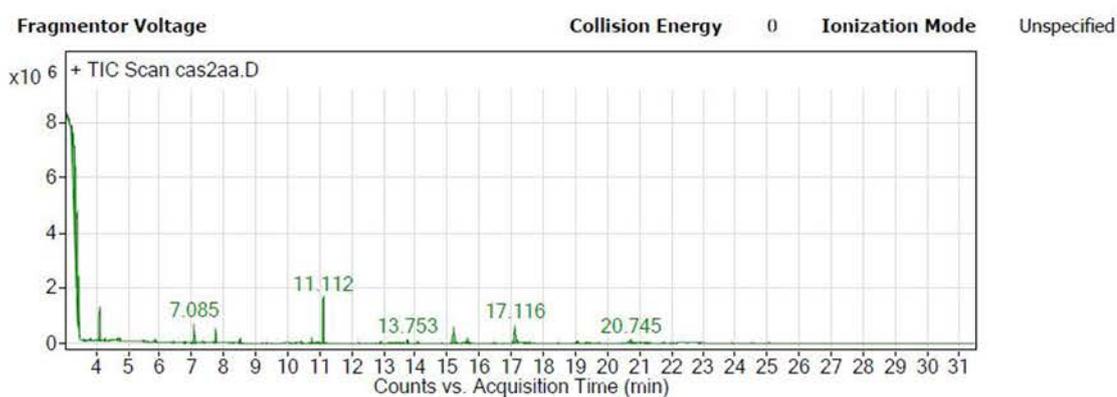
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Aglutinantes	Interpretación de resultados
Verde	3	ácidos grasos (tr.)	Azul egipcio, tierra verde
Rojo	2	ácidos grasos (tr.)	Hematites, negro humo/carbón, calcita
Mortero	1	ácidos grasos (tr.)	Calcita, minerales silíceos

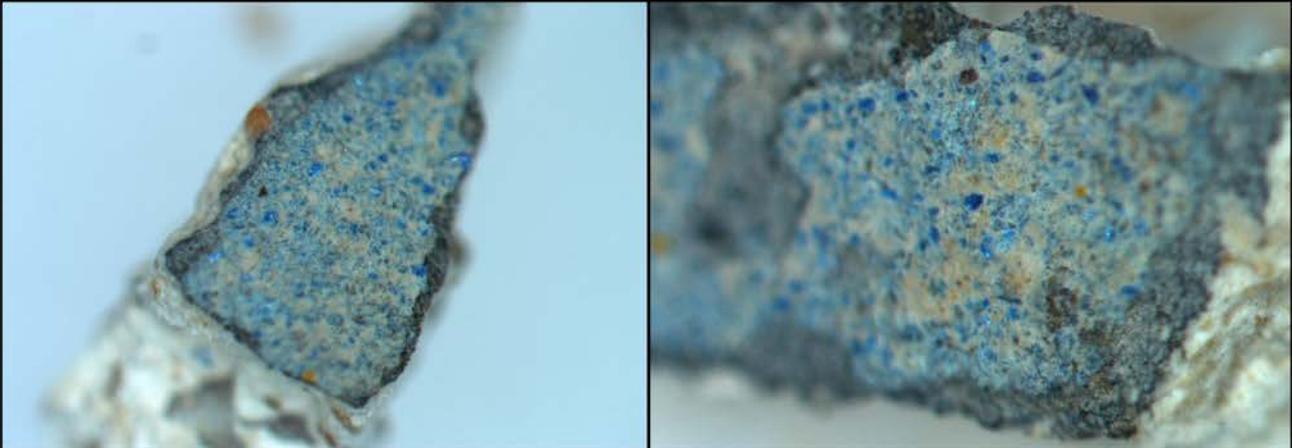
OBSERVACIONES

En esta muestra no se han identificado sustancias orgánicas correspondientes al uso de un aglutinante de este tipo, aunque sí se han caracterizado trazas de ácidos grasos. No se han detectado nitratos u oxalatos que indiquen la presencia de materia orgánica.

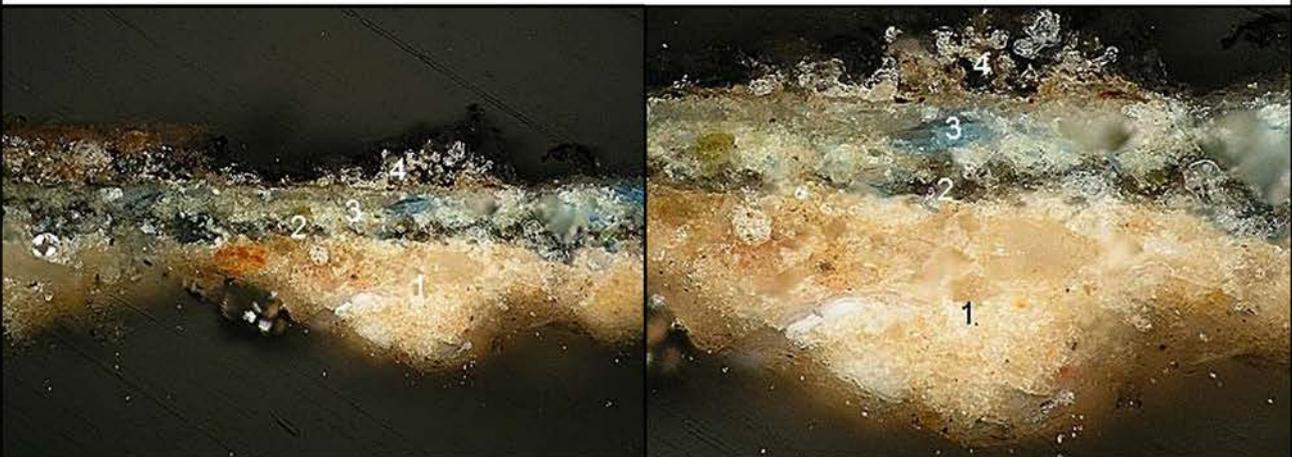
No obstante, la porosidad y la cantidad de huecos de la capa 3 indican que se aplicó con técnica al seco, posiblemente mediante la técnica a la cal.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 032
MUESTRA	R42 Azul	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

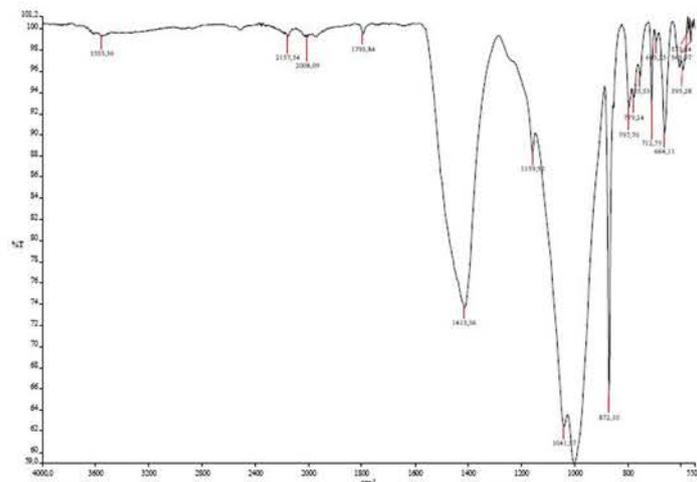
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



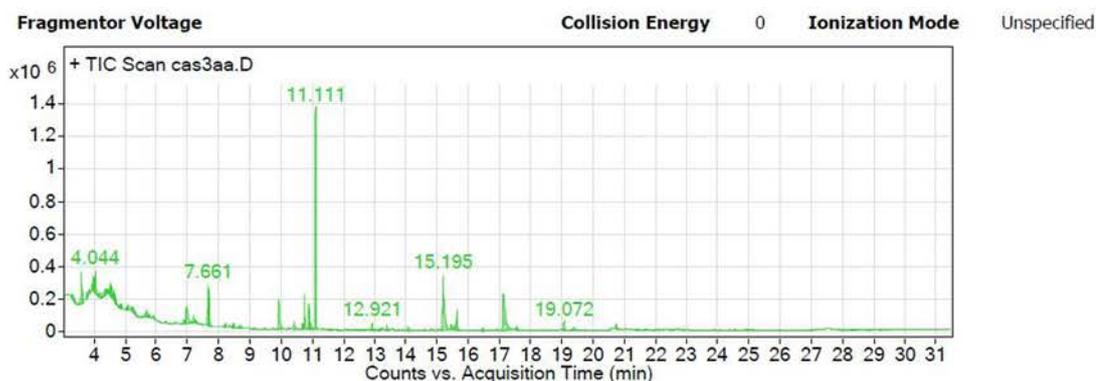
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Aglutinantes	Interpretación de resultados
Azul	3	-	Azul egipcio, calcita
Negro	2	-	Negro humo/carbón, calcita
Mortero	1	-	Calcita, minerales silíceos

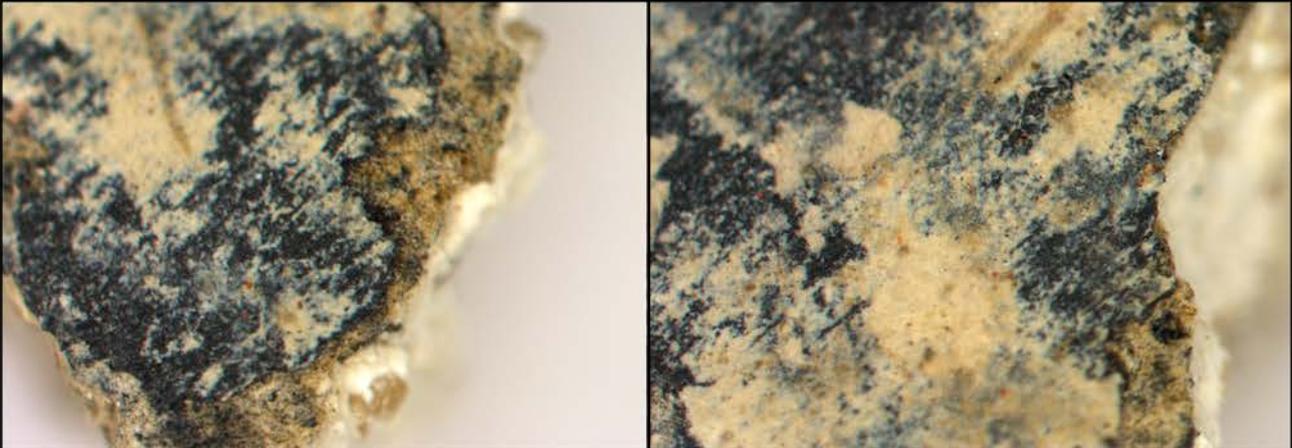
OBSERVACIONES

En esta muestra tampoco se han identificado sustancias orgánicas correspondientes al uso de un aglutinante de este tipo.

El estrato 3 presenta una cierta porosidad que puede ser debido, al igual que en la muestra anterior, al empleo de una técnica en seco empleando para ello cal como aglutinante.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 033
MUESTRA	R43 Negro	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

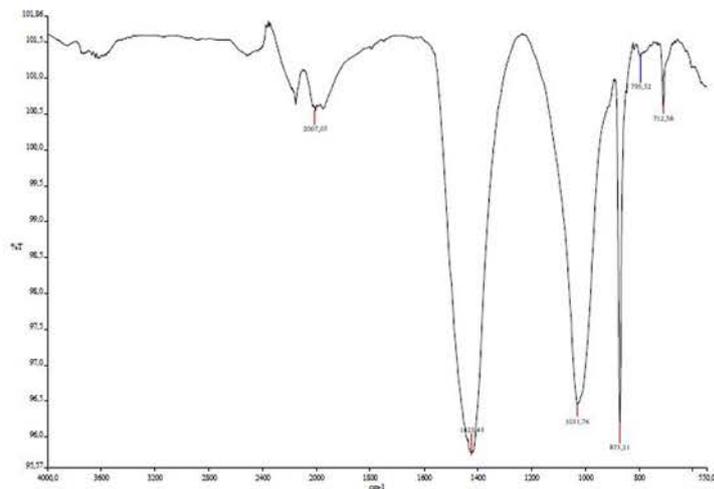
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



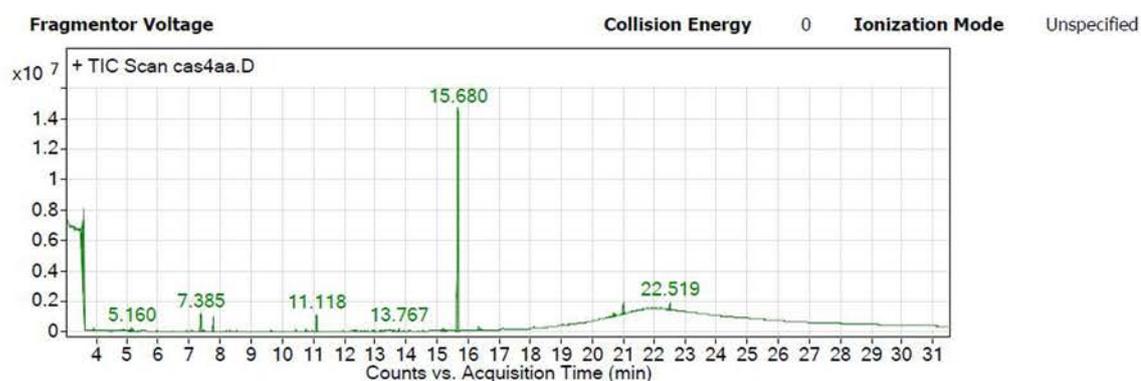
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Aglutinantes	Interpretación de resultados
Concreciones	4	-	Arcillas, calcita, óxidos de hierro
Negro	3	-	Negro humo/carbón, calcita, hematites
Mortero	1	-	Calcita, minerales silíceos

OBSERVACIONES

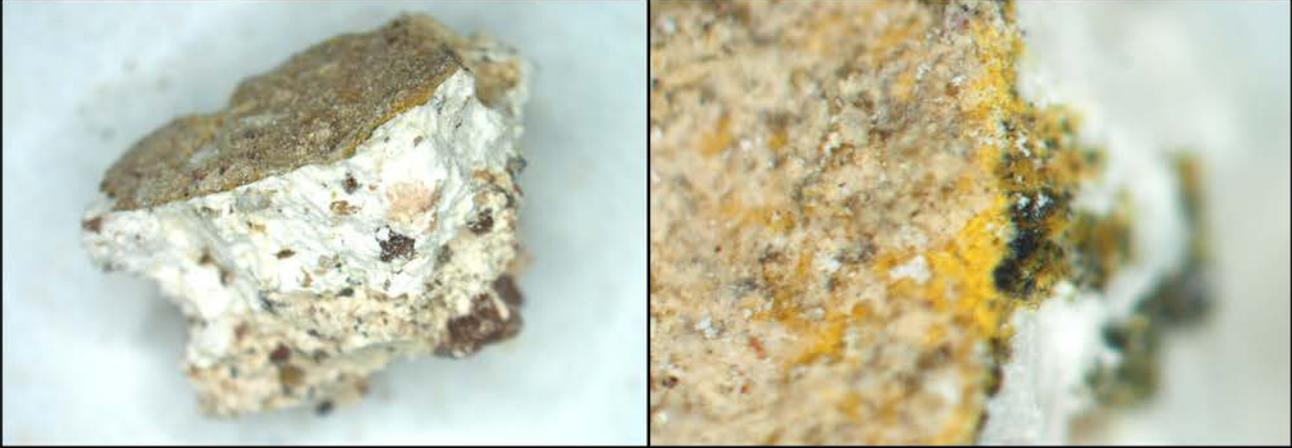
En esta muestra no se han identificado aglutinantes orgánicos ni oxalatos.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 034
--	--	------------------

MUESTRA	R44 Ocre	CRONOLOGÍA
----------------	----------	-------------------

PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana
--------------------	---	--------

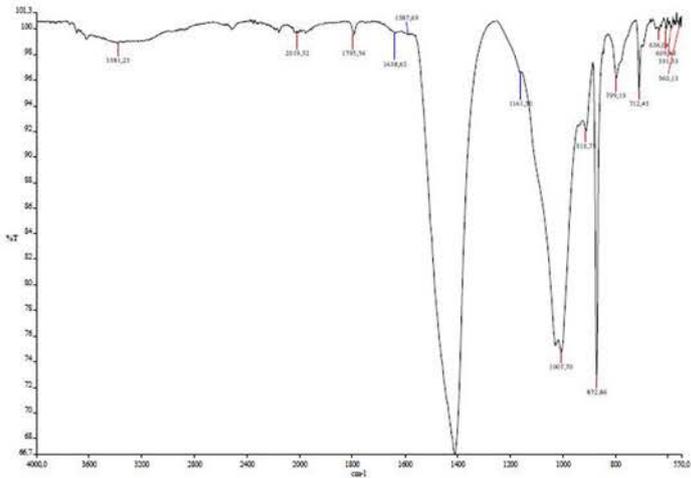
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



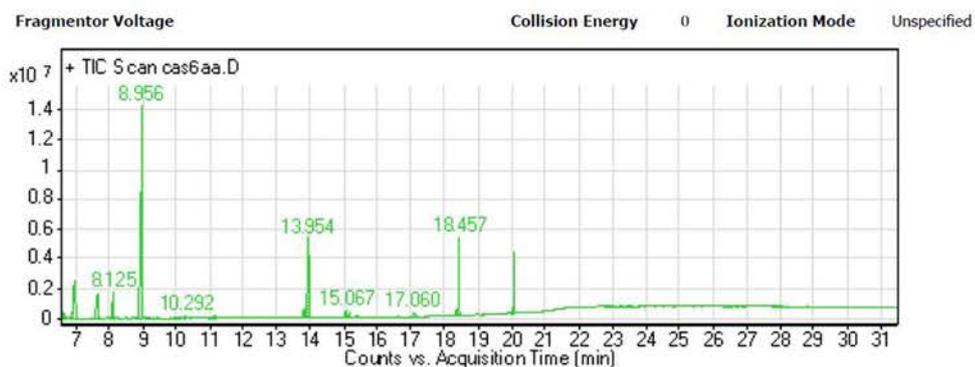
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Aglutinantes	Interpretación de resultados
Ocre	3	ácidos grasos (tr.)	Oxi-hidróxidos de hierro, calcita, cuarzo
Negro	2	ácidos grasos (tr.)	Negro humo/carbón, calcita, cuarzo
Mortero	1	ácidos grasos (tr.)	Calcita, minerales silíceos

OBSERVACIONES

En esta muestra no se han identificado aglutinantes orgánicos ni oxalatos; sin embargo, se han caracterizado trazas de ácidos grasos en todos los estratos.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 035
MUESTRA	R45 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Sala Mosaico de los Amores</i>	Romana

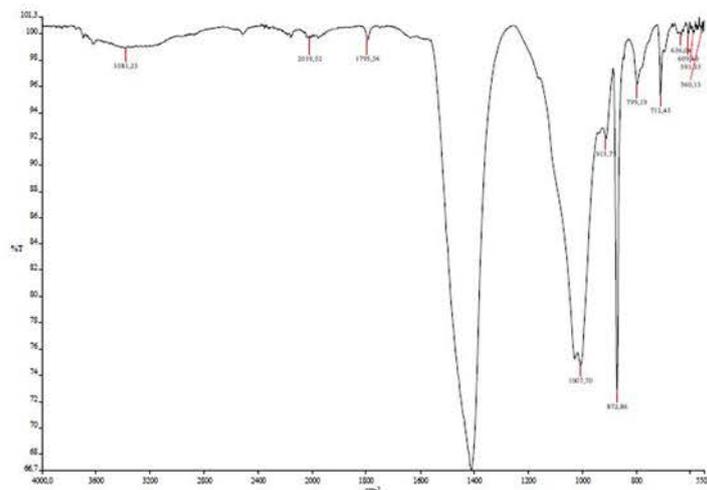
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



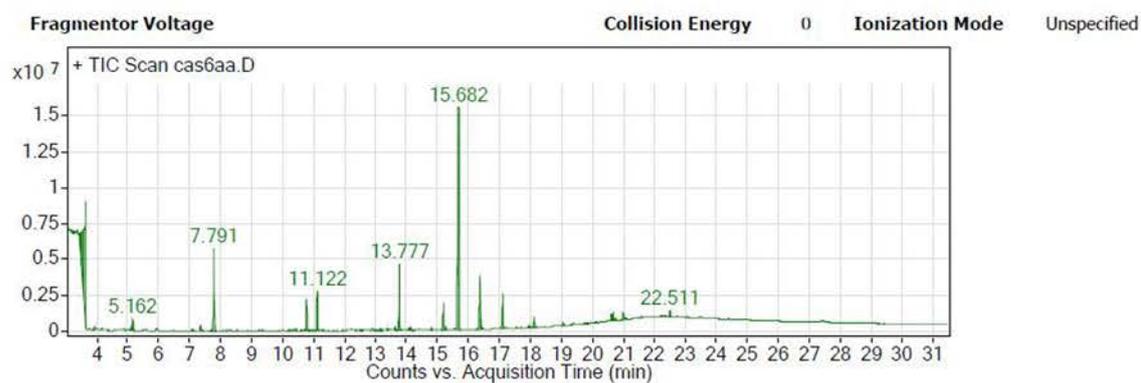
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Aglutinantes	Interpretación de resultados
Rojo	2	-	Hematites, calcita, negro de humo/carbón
Mortero	1	-	Calcita, minerales silíceos

OBSERVACIONES

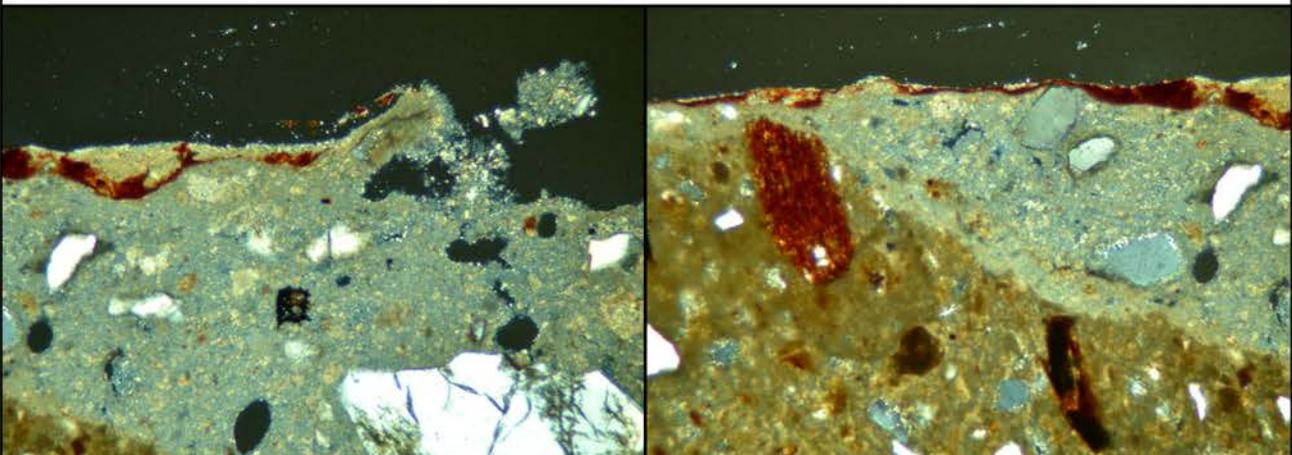
En esta muestra no se han identificado aglutinantes orgánicos ni oxalatos.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 036
MUESTRA	TA1 Naranja	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo</i> - Edificio paleocristiano	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

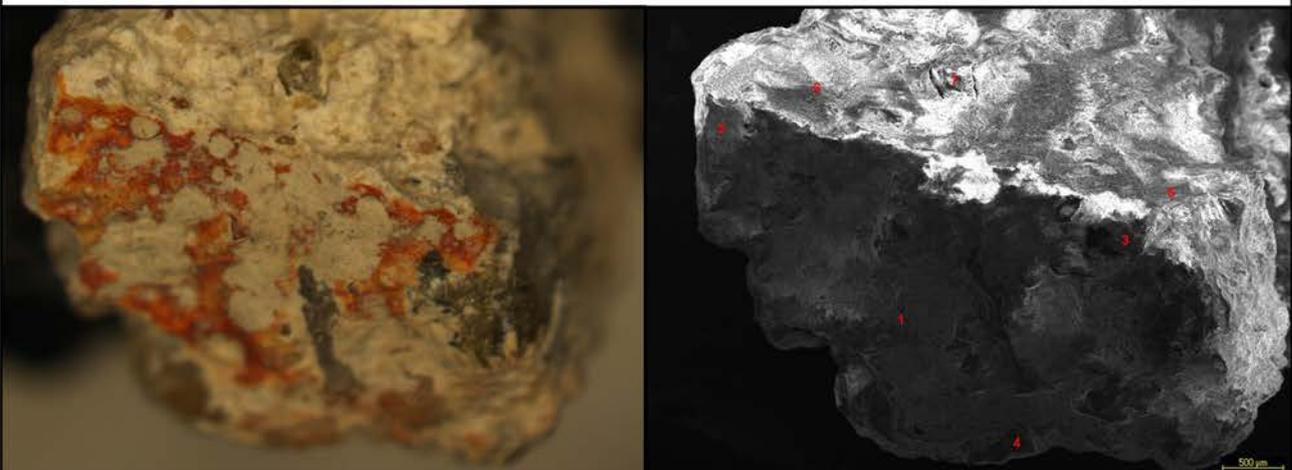


MICROSCOPIO ÓPTICO



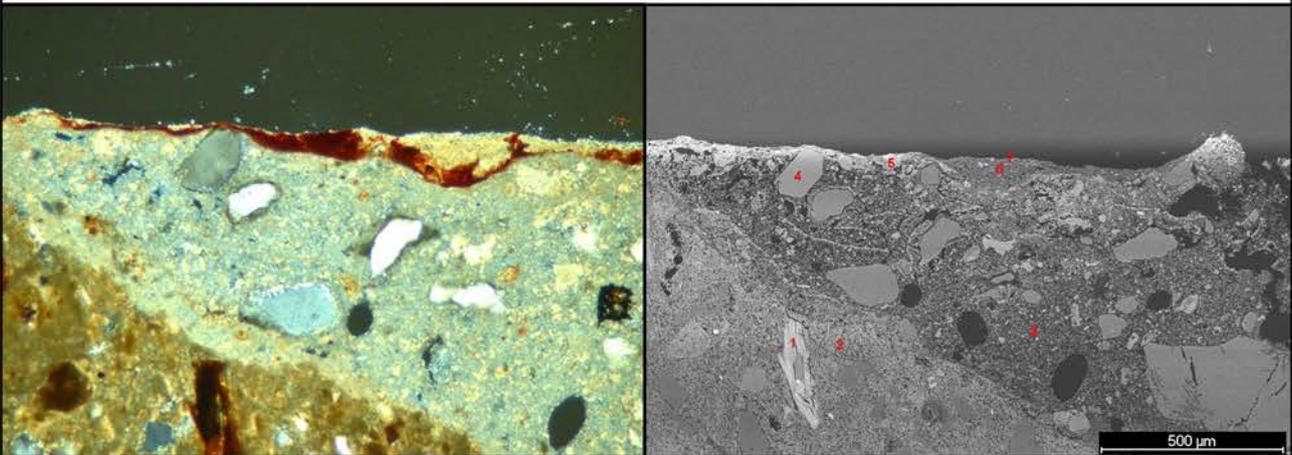
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones		Sp6: C, Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Concreciones de cal y tierras
Naranja	Sp1-2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp3: Ca, Fe, Si	Sp5: Ca, Fe, Al, Si	Hematites y tierras
Mortero	Sp5 : Ca, Al, Si, K Sp6: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp1: Ca, Ti, Fe, Mg, Al, Si, K Sp3: Ca, Al, Si Sp4: Ca, Na, Al, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo, plagioclasas y feldespatos

OBSERVACIONES

En las fotografías tomadas mediante microscopía de esta muestra se aprecia un árido de mayor tamaño y más cercano a la capa pictórica que en las muestras de los revestimientos de época romana.

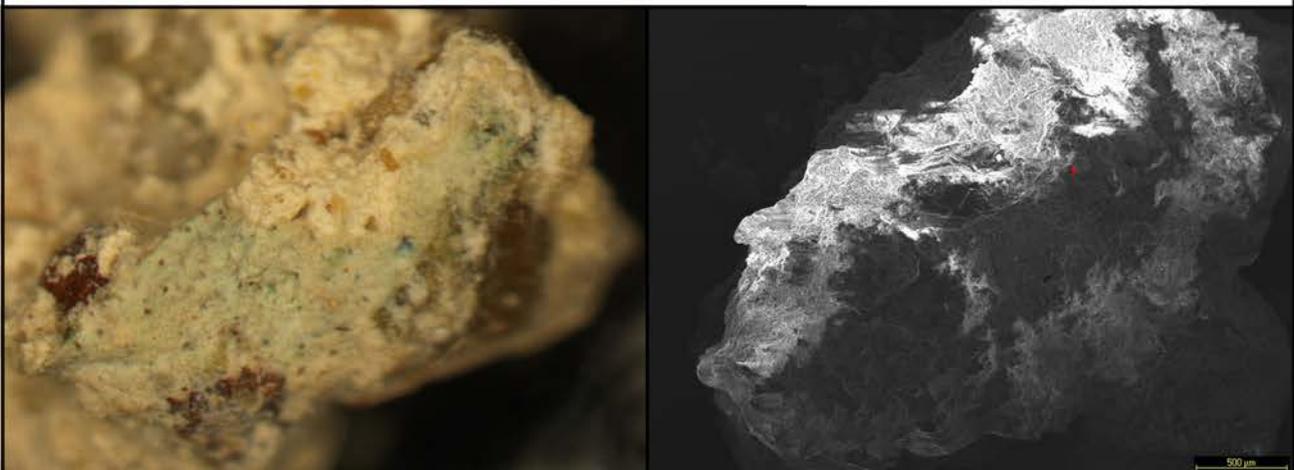
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 037
MUESTRA	TA2 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Edificio paleocristiano</i>	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar



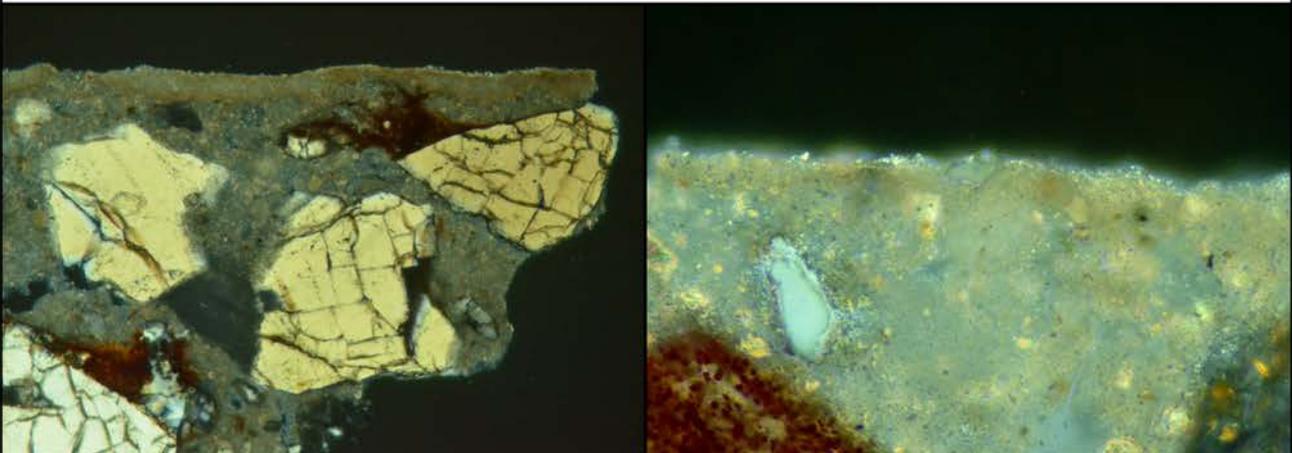
RESULTADOS		
Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Verde	Sp1: Ca, Fe, Cu, Si	Azul egipcio y tierra verde
OBSERVACIONES		
<p>En este caso la muestra no se ha preparado como lámina delgada o como probeta pulida ya que, debido al estado de conservación de la capa pictórica, se corría el riesgo de perder la escasa policromía que se conservaba.</p>		

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 038
MUESTRA	TA3 Blanco	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo</i> - Edificio paleocristiano	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

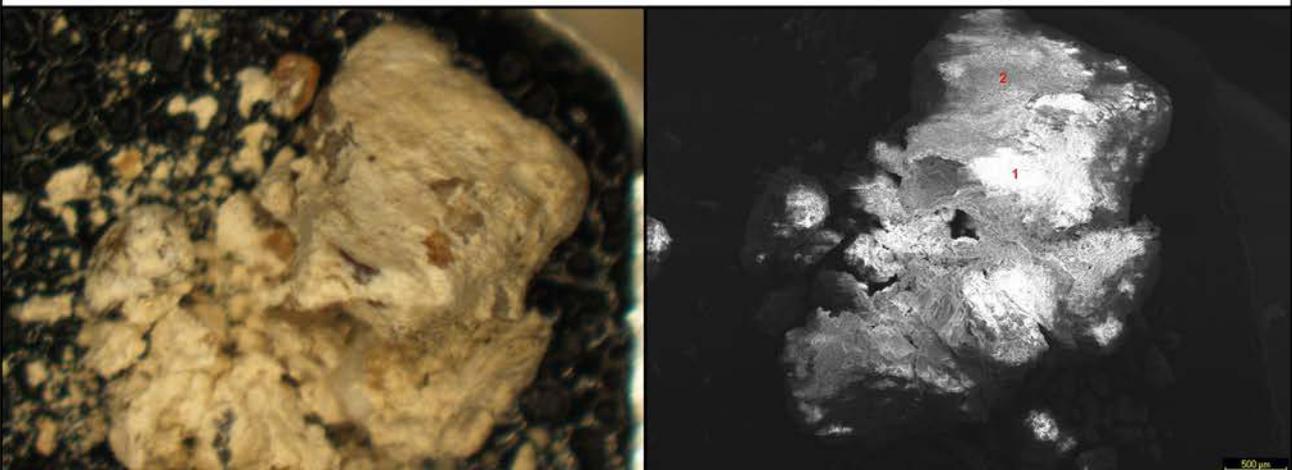


MICROSCOPIO ÓPTICO



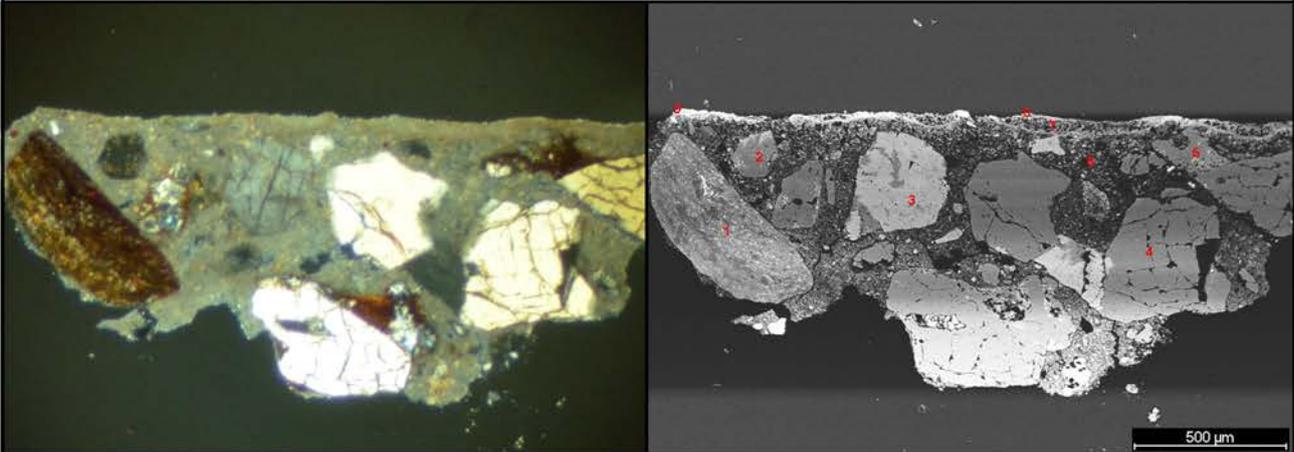
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Blanco	Sp1: Ca, Fe, Al, Si Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp7: Ca, Al, Si Sp8: Ca, Al, Si	Blanco de cal
Mortero		Sp1: Fe, Al, Si Sp2: Al, Si, K Sp6: Ca, Al, Si, K	Mortero de cal y árido de cuarzo y feldespatos

OBSERVACIONES

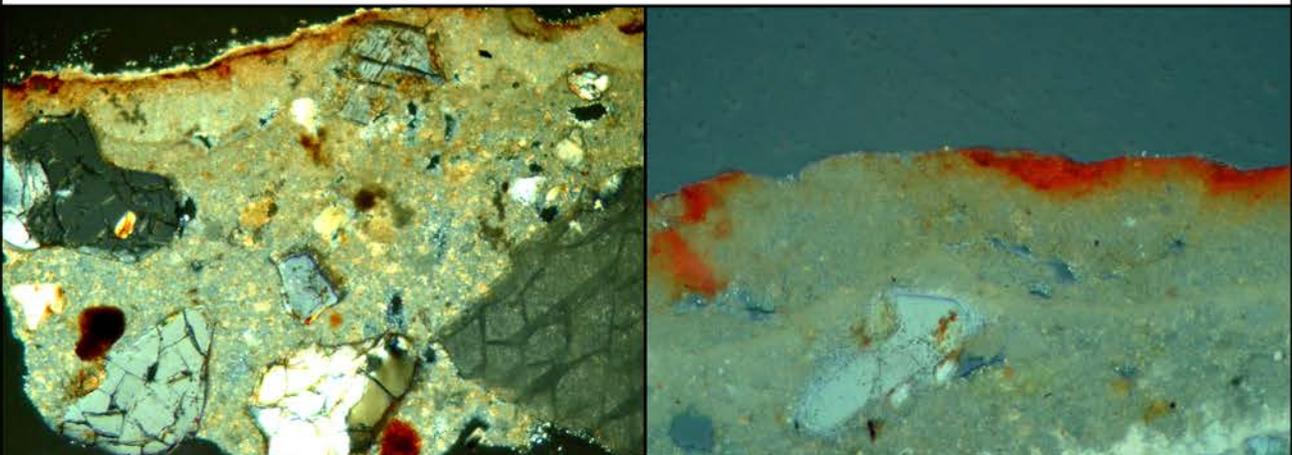
Nuevamente se aprecia en las fotografías de esta muestra el mayor tamaño que presenta el árido en estos revestimientos, en comparación con las pinturas de época romana, así como su proximidad a la capa pictórica.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 039
MUESTRA	TA4 Naranja	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Edificio paleocristiano</i>	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

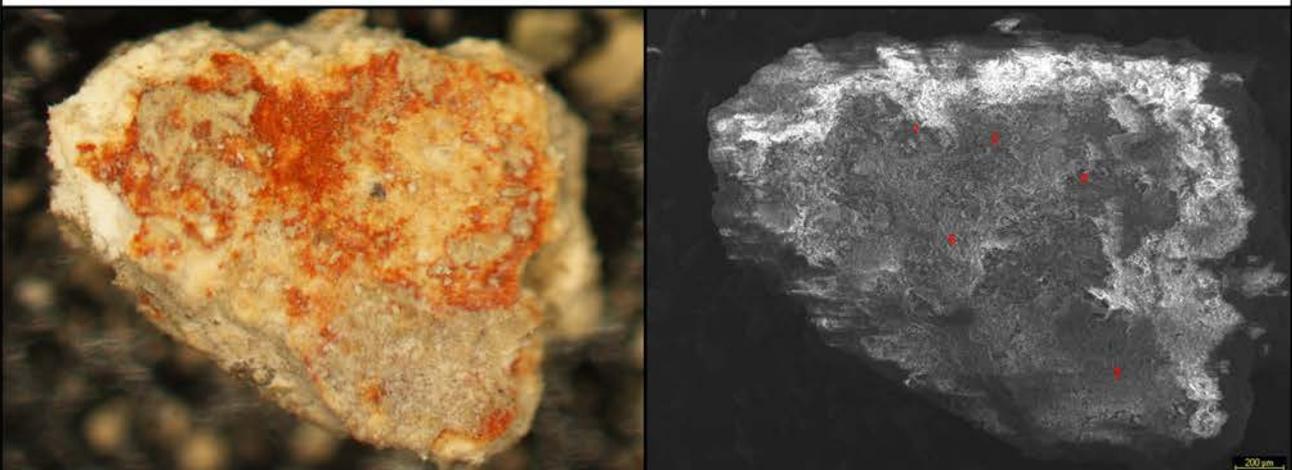


MICROSCOPIO ÓPTICO



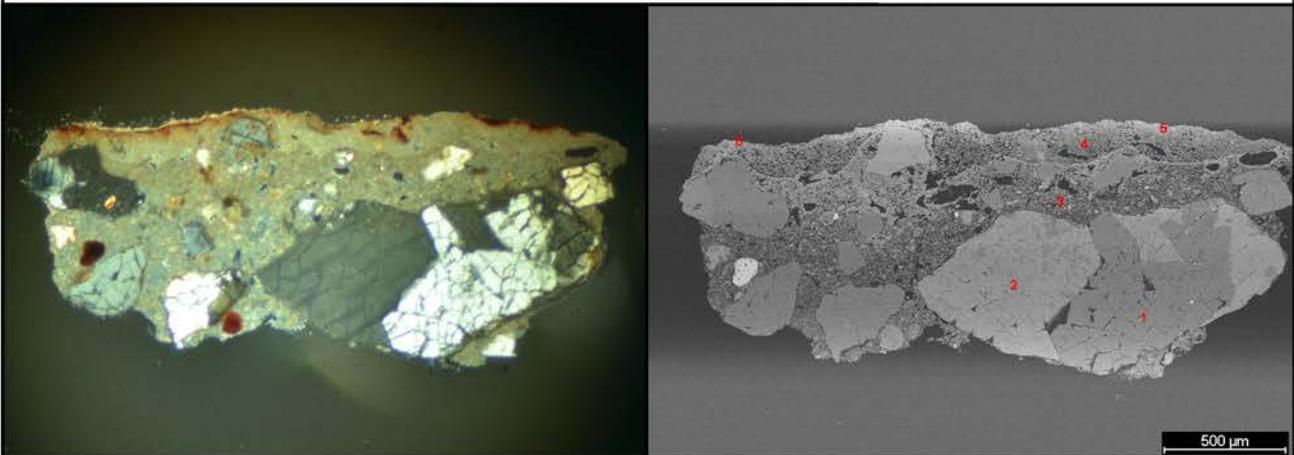
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Naranja	Sp2-3: Ca, Fe, Al, Si, K Sp4-5: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp5: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp6: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Hematites y tierras
Mortero		Sp1: Si Sp2: Al, Si, K Sp6: Ca, Al, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo y feldespatos

OBSERVACIONES

En las fotografías tomadas mediante microscopía óptica de la muestra preparada como lámina delgada se observa, además del considerable tamaño de árido y de su hereogeneidad, un estrato entre el mortero y la capa pictórica que podría corresponder a la aplicación de una fina lechada de cal que actuase como fondo de la composición.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 040
MUESTRA	TA5 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo</i> - Edificio paleocristiano	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

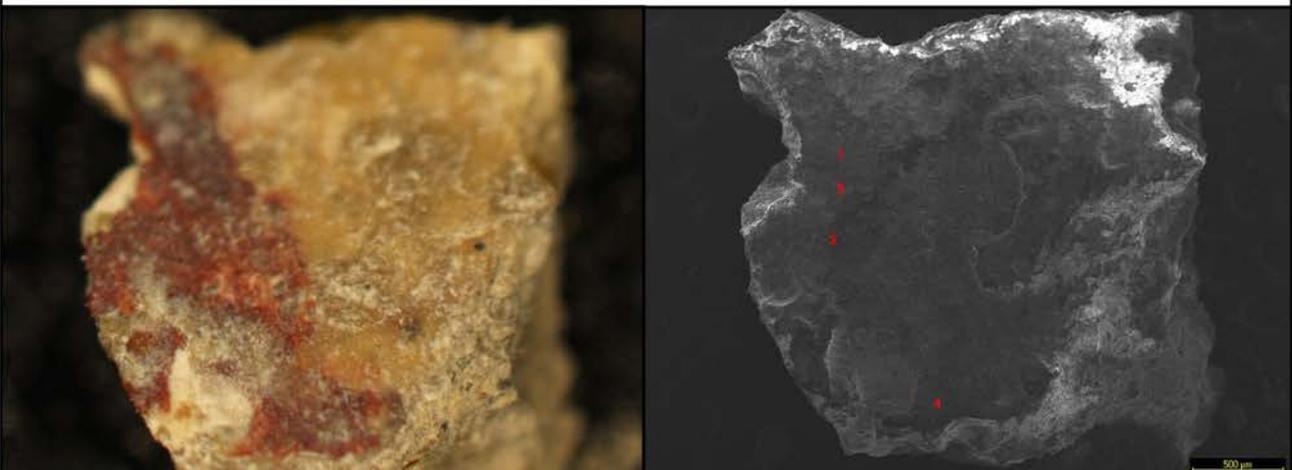


PROBETA PULIDA



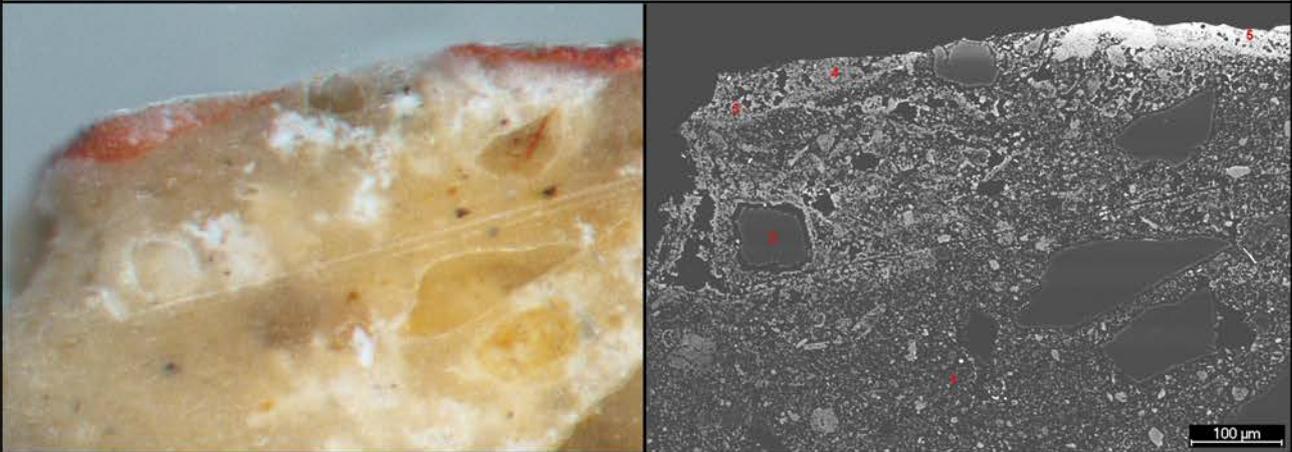
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Rojo	Sp1-4: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp3: Ca, Fe, Al, Si, C Sp4-5: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Hematites mezclado con tierras y negro de humo/carbón
Mortero		Sp1: Ca, Si Sp2: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 041
MUESTRA	TA6 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo</i> - Edificio paleocristiano	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

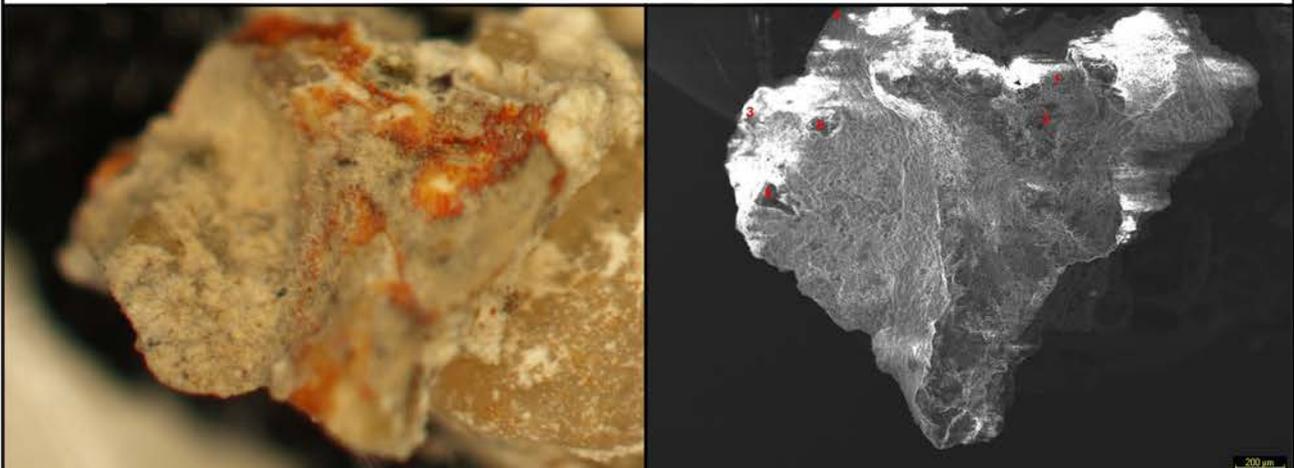


PROBETA PULIDA



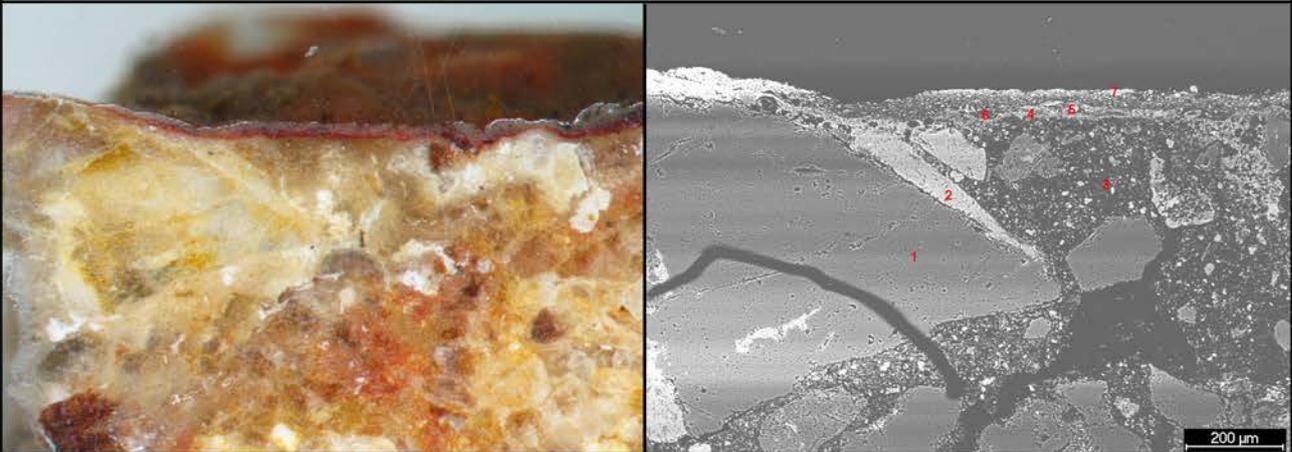
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Probeta pulida



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Probeta pulida	Interpretación de resultados
Rojo	Sp1: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp2-3: Ca, Fe, Al, Si	Sp4-7: Ca, Fe, Al, Si	Hematites mezclado con tierras
Mortero	Sp4: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp5: Ca, Al, Si	Sp1: Si Sp3: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

OBSERVACIONES

En las imágenes tomadas mediante microscopía se observa cómo, al no estar espatulada la superficie del mortero, la policromía se asienta en ocasiones directamente sobre la superficie del árido.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS		Ficha 042
MUESTRA	TA7 Rojo figura	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo</i> - Edificio paleocristiano	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

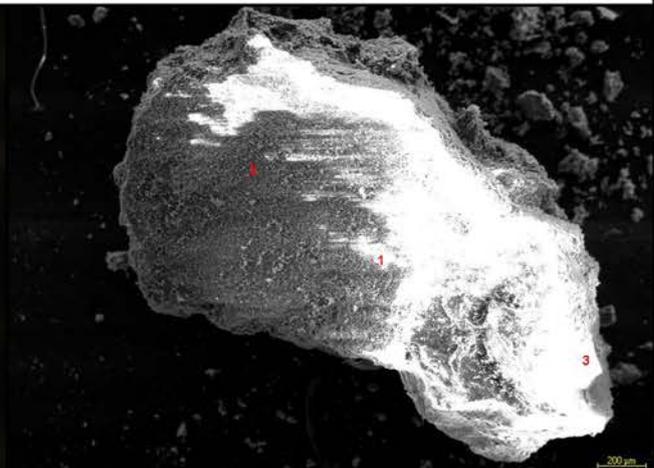


MICROSCOPIO ÓPTICO



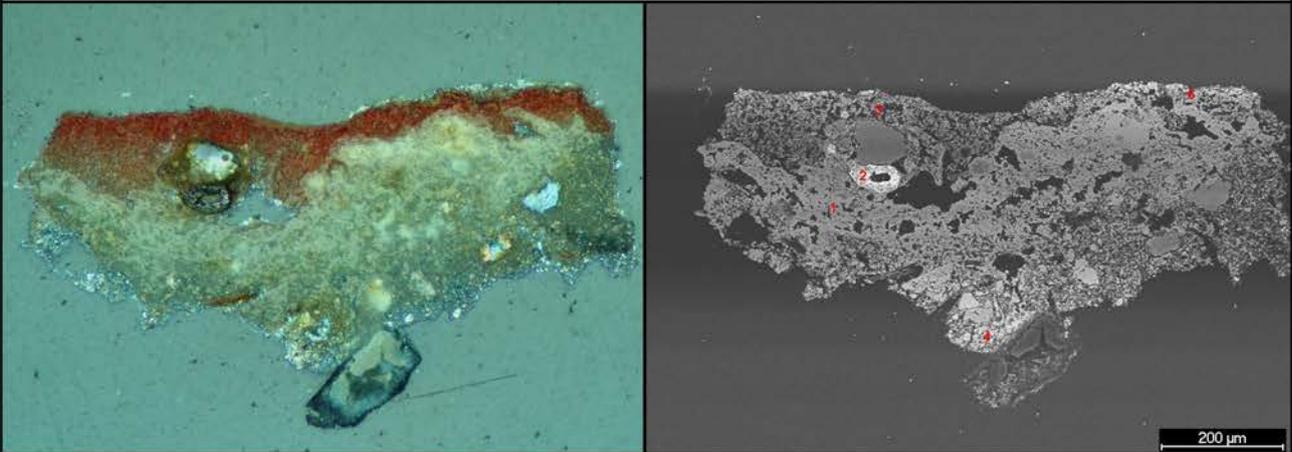
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

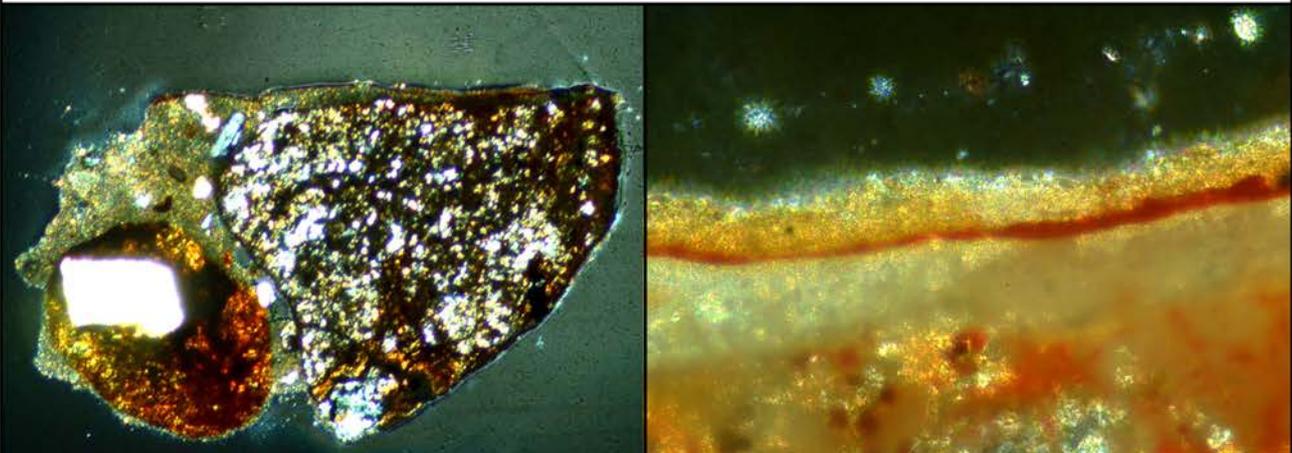
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Rojo	Sp1: Ca, Fe, Al, Si, K Sp2: Ca, Fe, Al, Si	Sp3: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp5: Ca, Fe, Mg, Al, Si, P, K	Hematites mezclado con tierras y negro de hueso
Mortero	Sp3: Ca, Al, Si	Sp1: Ca, Si Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp4: Ca, Al, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo y feldespatos

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 043
MUESTRA	TA8 Rojo plano	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Edificio paleocristiano</i>	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

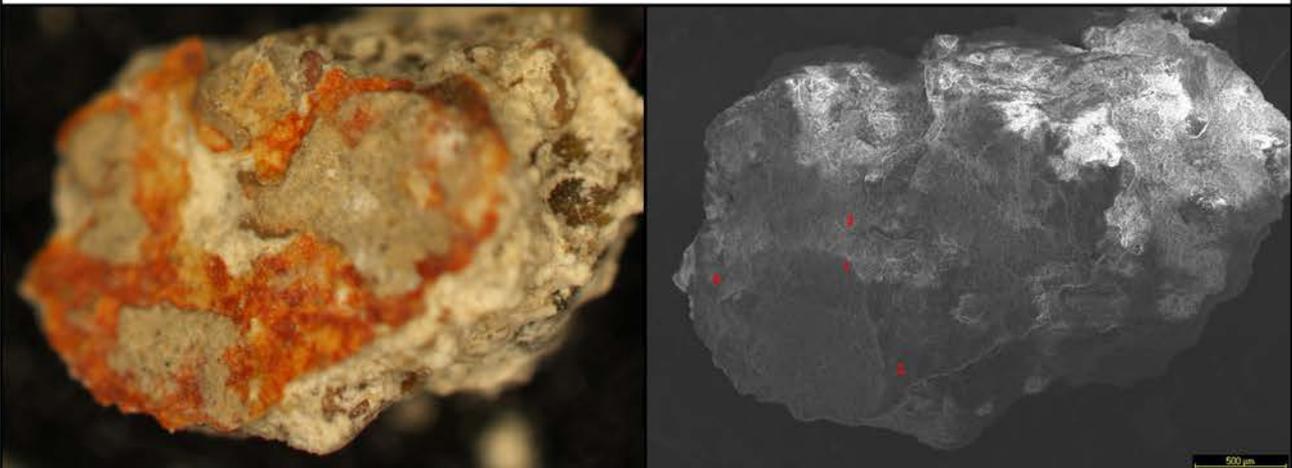


MICROSCOPIO ÓPTICO



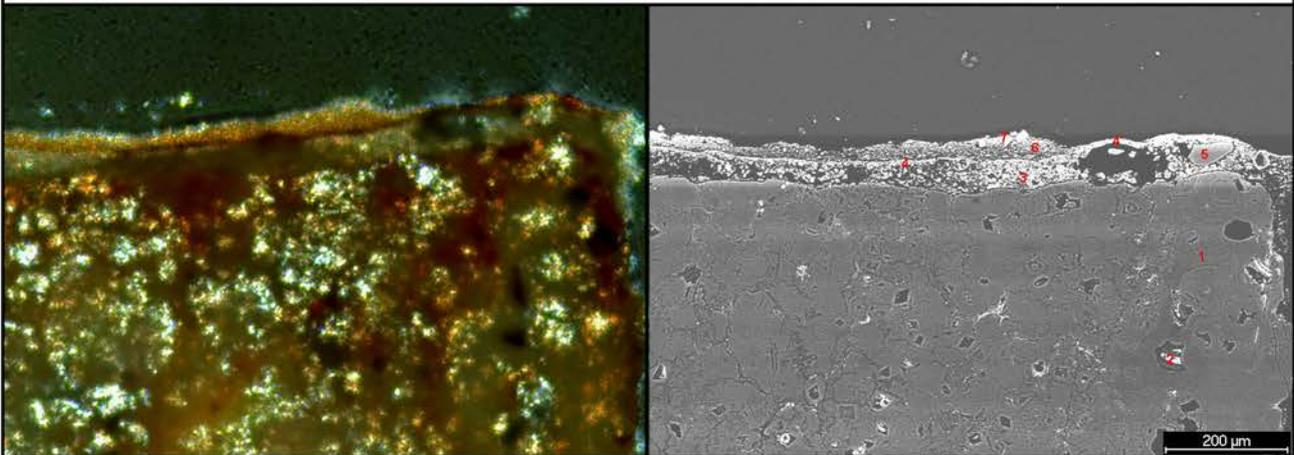
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

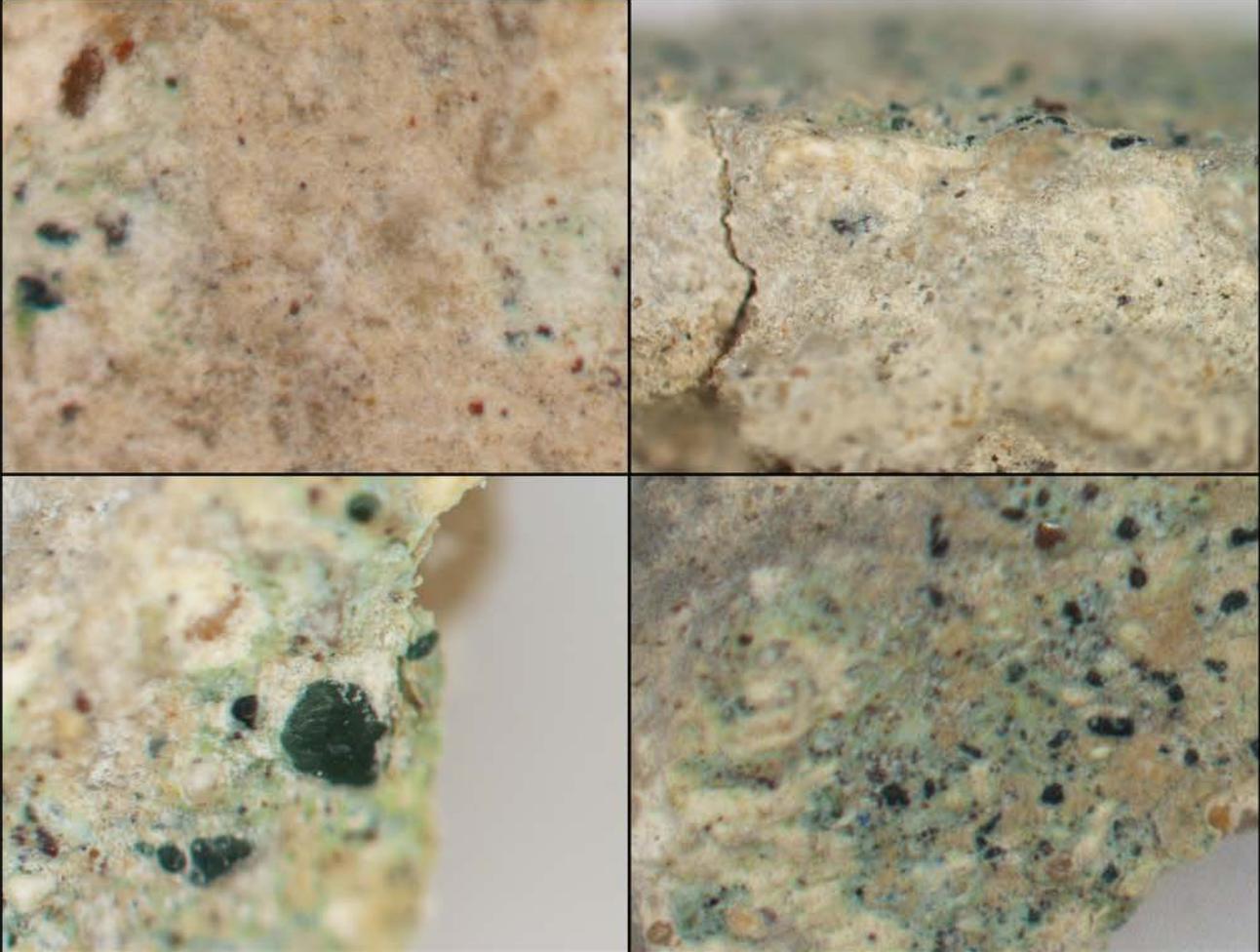
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Rojo	Sp1: Ca, Fe, Al, Si Sp4: Ca, Fe, Al, Si	Sp4: Ca, Fe, Al, Si Sp6: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Hematites con tierras
Mortero	Sp3: Ca, Fe, Al, Si	Sp1: Si Sp3: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

OBSERVACIONES

Se documenta nuevamente en esta muestra árido de gran tamaño y muy cercano a la superficie.

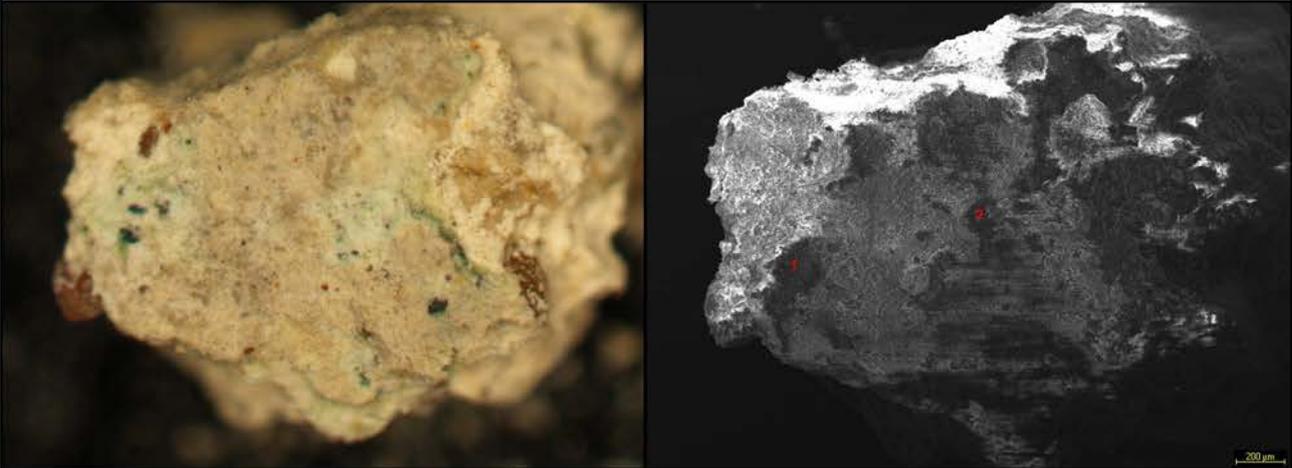
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 044
MUESTRA	TA9 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Edificio paleocristiano</i>	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

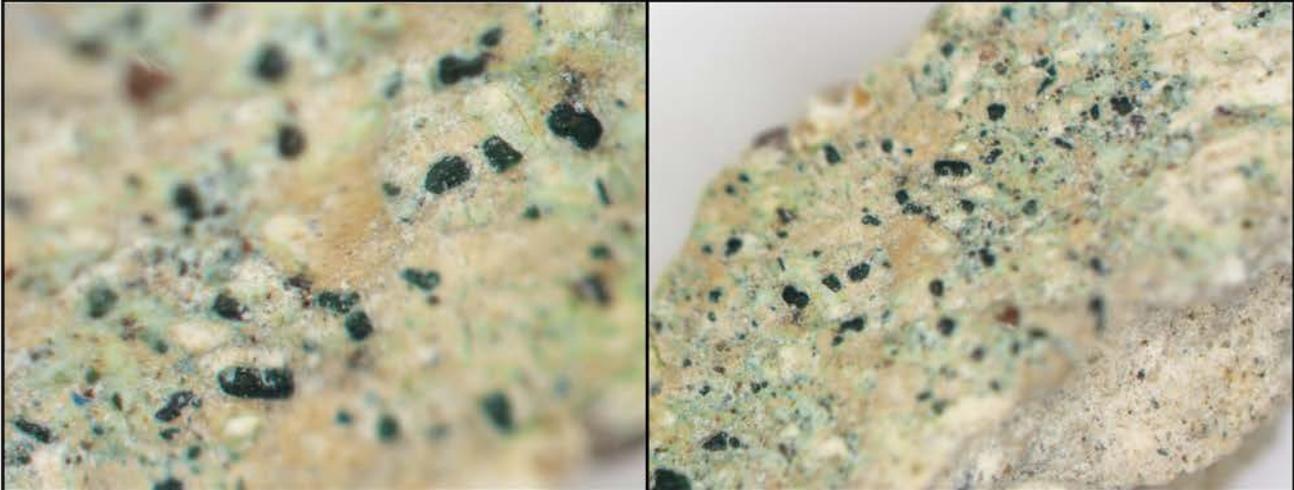
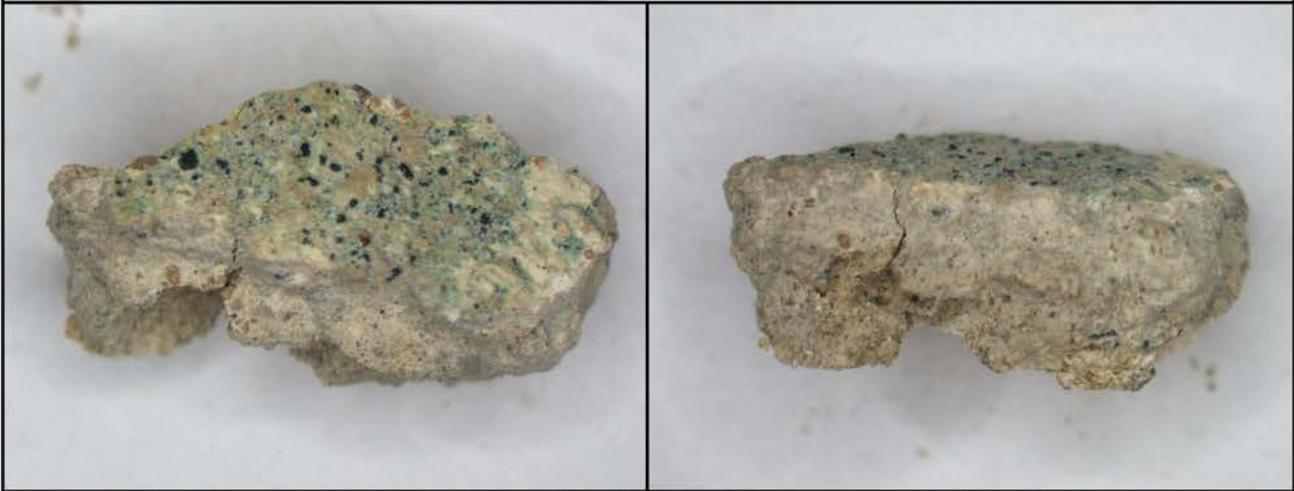
Muestra sin preparar



RESULTADOS		
Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Verde	Sp1: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp2: Ca, Ti, Fe, Mg, Al, Si, K	Tierra verde
OBSERVACIONES		
<p>En este caso la muestra no se ha preparado como lámina delgada o como probeta pulida ya que, debido al estado de conservación de la capa pictórica, se corría el riesgo de perder la escasa policromía que se conservaba.</p>		

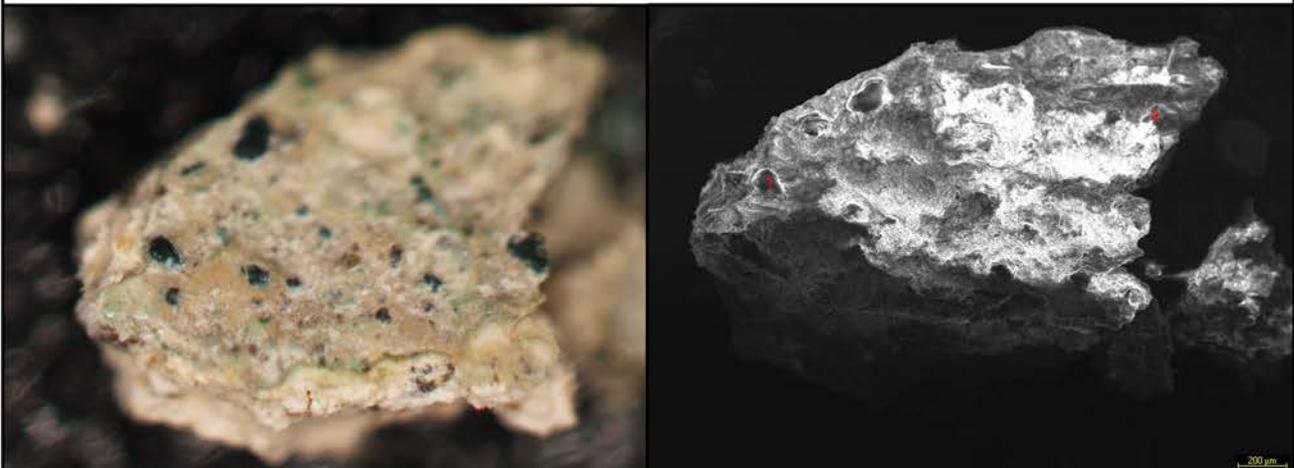
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 045
MUESTRA	TA10 Verde	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo</i> - Edificio paleocristiano	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar



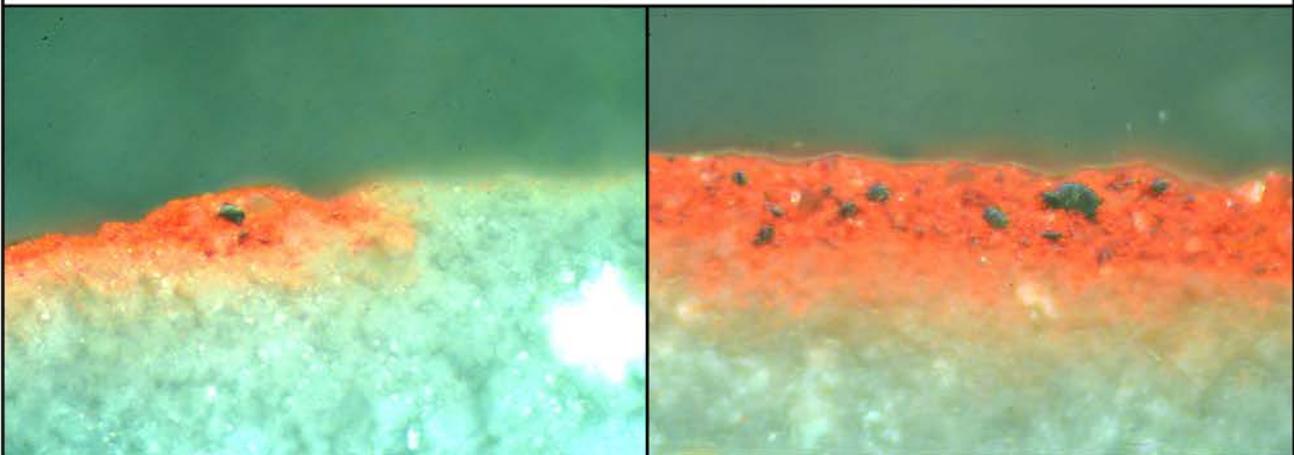
RESULTADOS		
Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Verde	Sp1: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Tierra verde
OBSERVACIONES		
<p>En este caso la muestra no se ha preparado como lámina delgada o como probeta pulida ya que, debido al estado de conservación de la capa pictórica, se corría el riesgo de perder la escasa policromía que se conservaba.</p>		

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 046
MUESTRA	TA11 Blanco y rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo</i> - Edificio paleocristiano	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

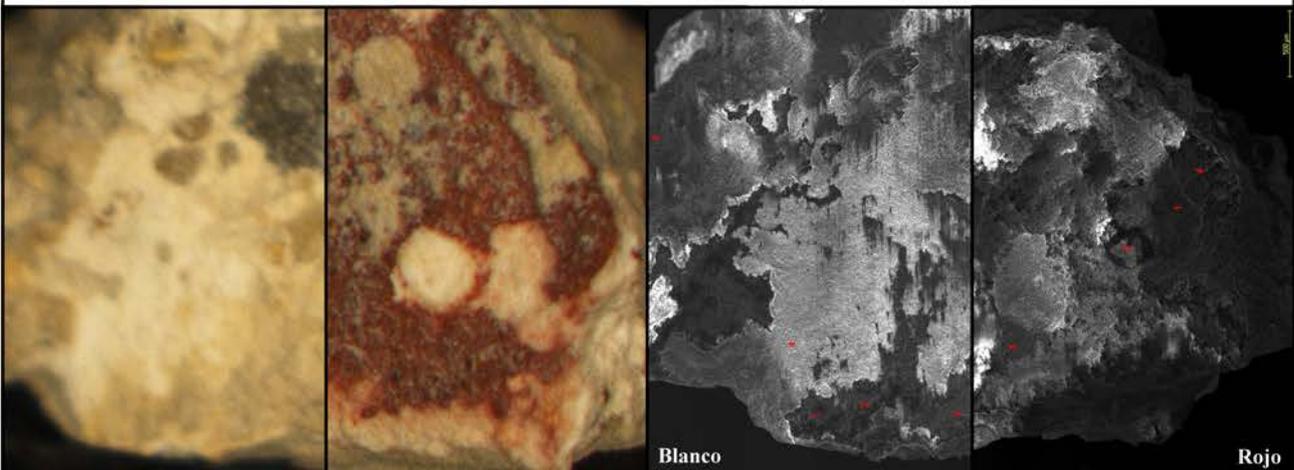


MICROSCOPIO ÓPTICO



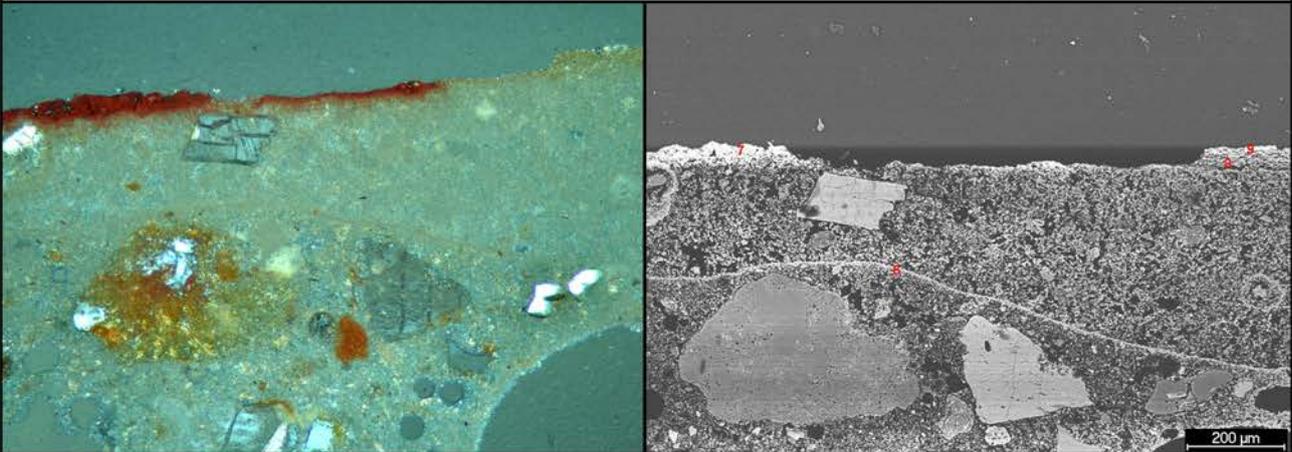
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

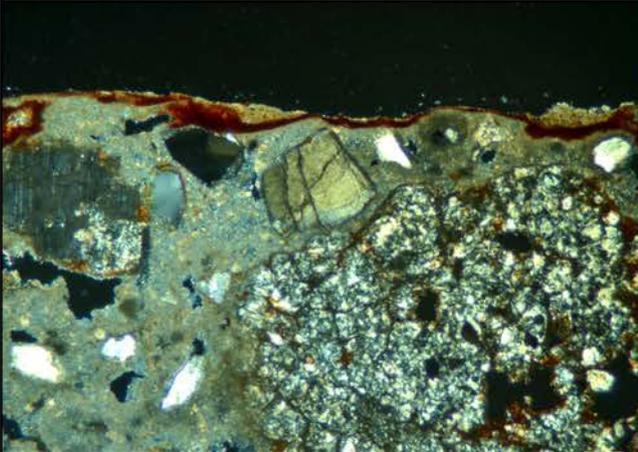
Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Blanco	Sp1: Ca, Fe, Mg Al, Si Sp4: Ca, Al, Si	Sp8: Ca, Fe, Al, Si Sp9: Ca, Fe, Al, Si	Blanco de cal meclado con tierras
Rojo	Sp1-2: Ca, Fe, Al, Si Sp4: Ca, Fe, Mg, Al, Si	Sp7: Ca, Fe, Al, Si	Hematites mezclado con tierras
Mortero		Sp2: Al, Si, K Sp3: Si, Ca	Mortero de cal y árido de cuarzo y feldespato

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 047
MUESTRA	TA12 Naranja	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo - Edificio paleocristiano</i>	Tardoantigua

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

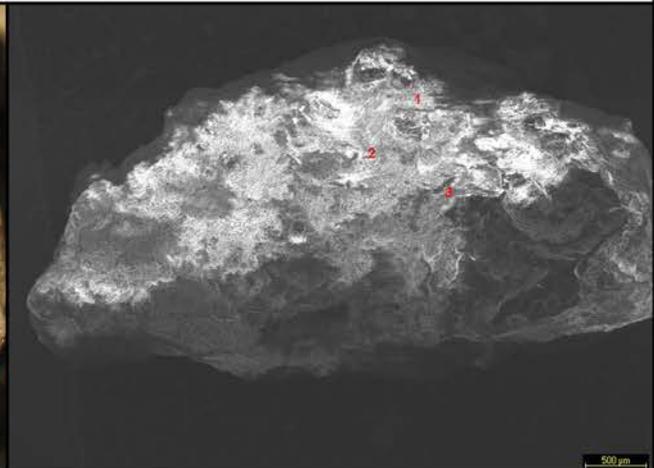


MICROSCOPIO ÓPTICO



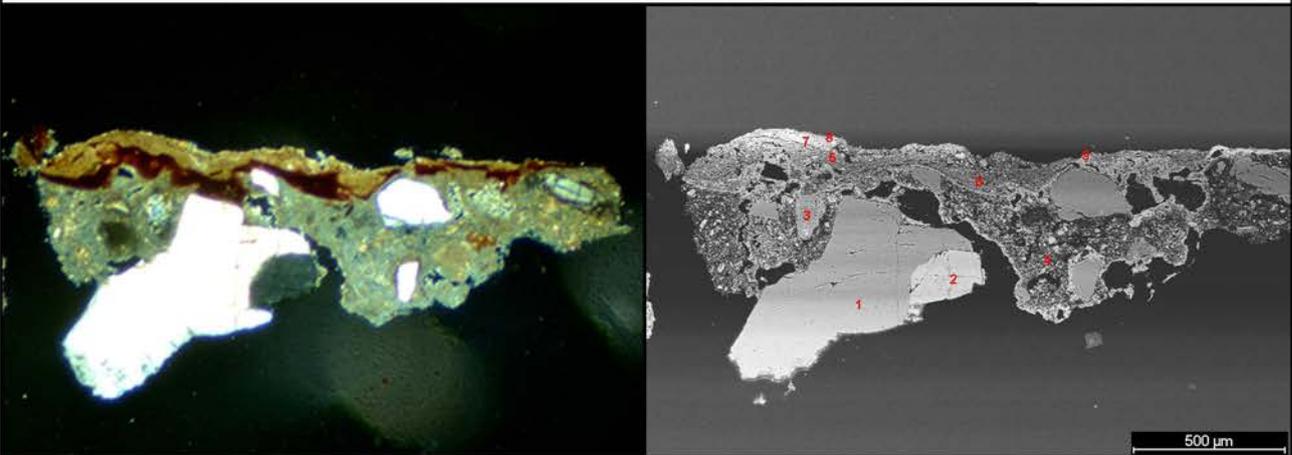
SEM - EDX

Muestra sin preparar



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp1 : Ca, Fe, Al, Si, K Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Sp7: Ca, Al, Si Sp8: Ca, Fe, Al, Si, K	Concreciones de cal y tierras
Naranja	Sp3: Ca, Fe, Al, Si, K	Sp6: Ca, Fe, Al, Si, K	Hematites y tierras
Mortero		Sp1: Si Sp2: Al, Si, K Sp4: Ca, Al, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo y feldespatos

OBSERVACIONES

Destaca en esta muestra la irregularidad en el tamaño del árido y la gruesa y extensa capa de concreciones que se superpone al estrato pictórico.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 048
MUESTRA	TA13 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	<i>Castulo</i> - Edificio paleocristiano	Tardoantigua

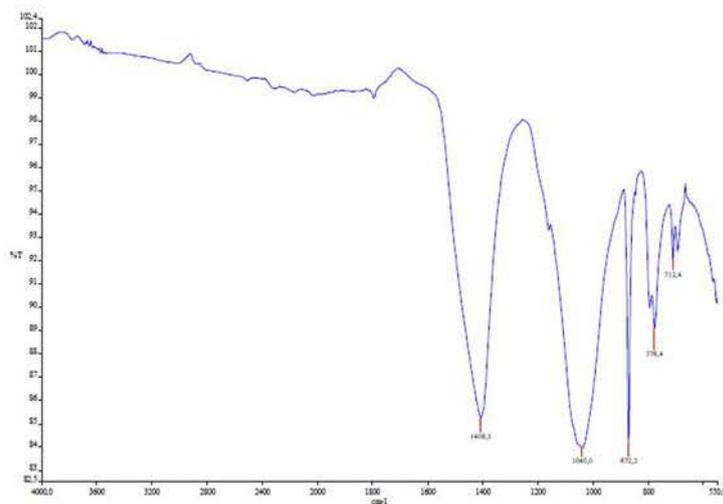
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



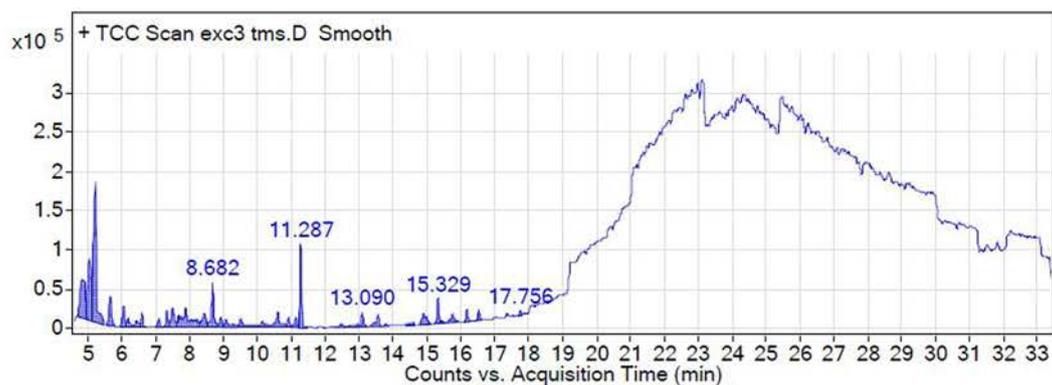
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Aglutinantes	Interpretación de resultados
Rojo	2	-	Hematites, calcita
Mortero	1	-	Calcita, minerales silíceos

OBSERVACIONES

En esta muestra no se han identificado aglutinantes orgánicos ni oxalatos.

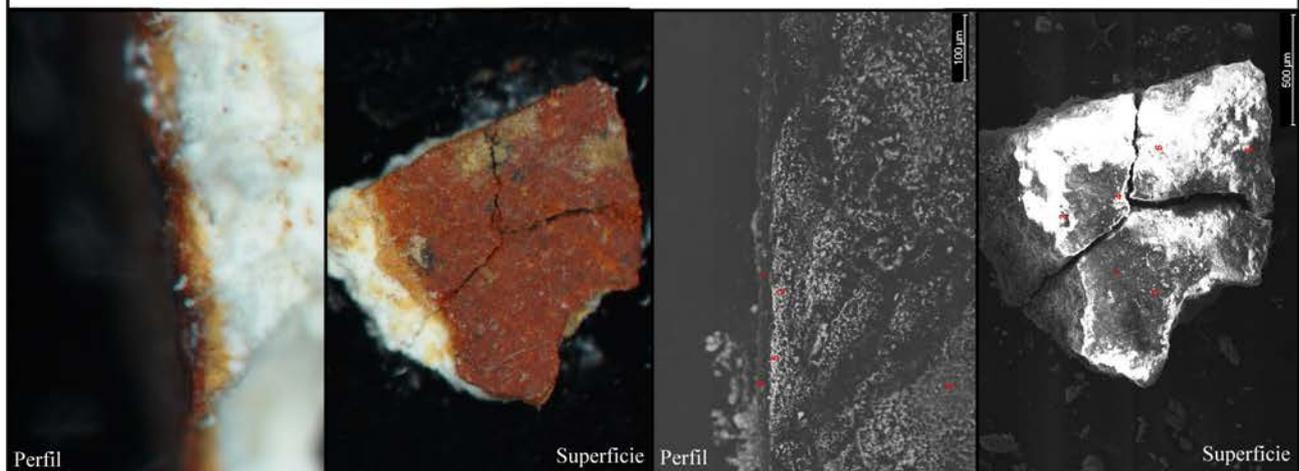
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 049
MUESTRA	PIT1 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Parque Infantil de Tráfico	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

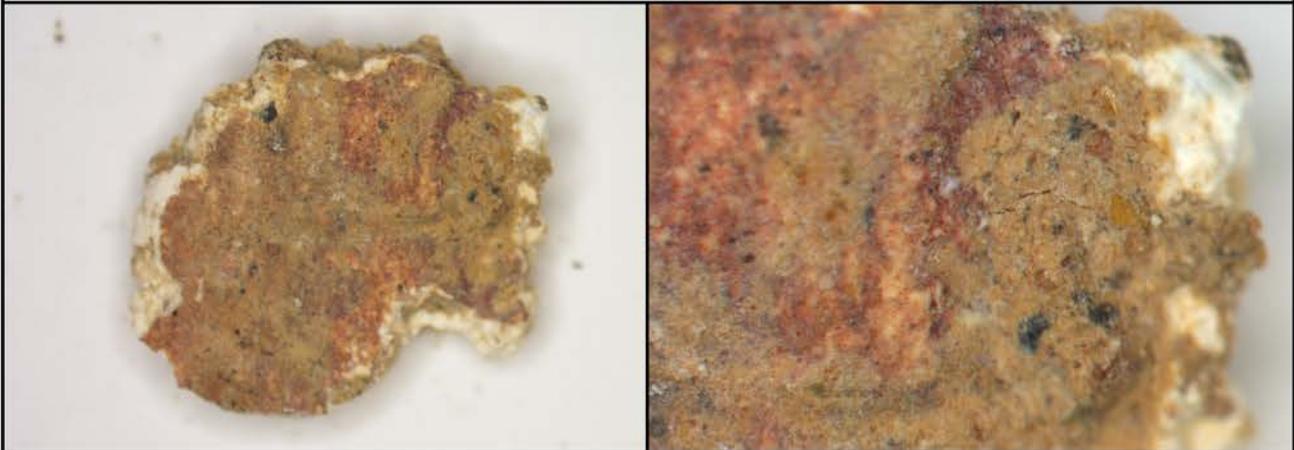
Muestra sin preparar



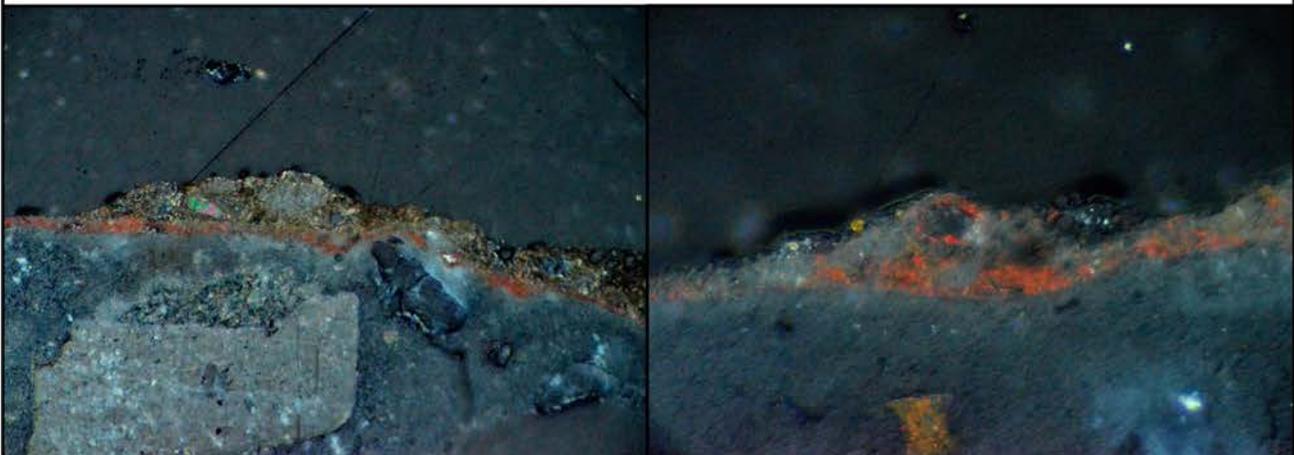
RESULTADOS			
Estratos	EDX - Muestra sin preparar		Interpretación de resultados
	Perfil	Superficie	
Rojo	Sp1: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp4: Ca, Mn, Fe, Al, Si, Pb, K	Sp1-2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp3-4: Ca, Mn, Fe, Mg, Al, Si, Pb	Hematites y rojo de plomo
Amarillo	Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si Sp5: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K		Oxi-hidróxidos de hierro mezclado con tierras
Mortero	Sp3 : Ca		Mortero de cal
OBSERVACIONES			
<p>Se observan en la capa pictórica inclusiones de pigmento negro. Aunque no ha sido posible identificar en esta muestra ningún elemento característico del mismo, es probable que se trate de negro de humo/carbón o de negro de hueso, tal y como se aprecia en la muestra PIT5 Rojo, donde se ha identificado P entre los elementos.</p>			

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 050
MUESTRA	PIT2 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Parque Infantil de Tráfico	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

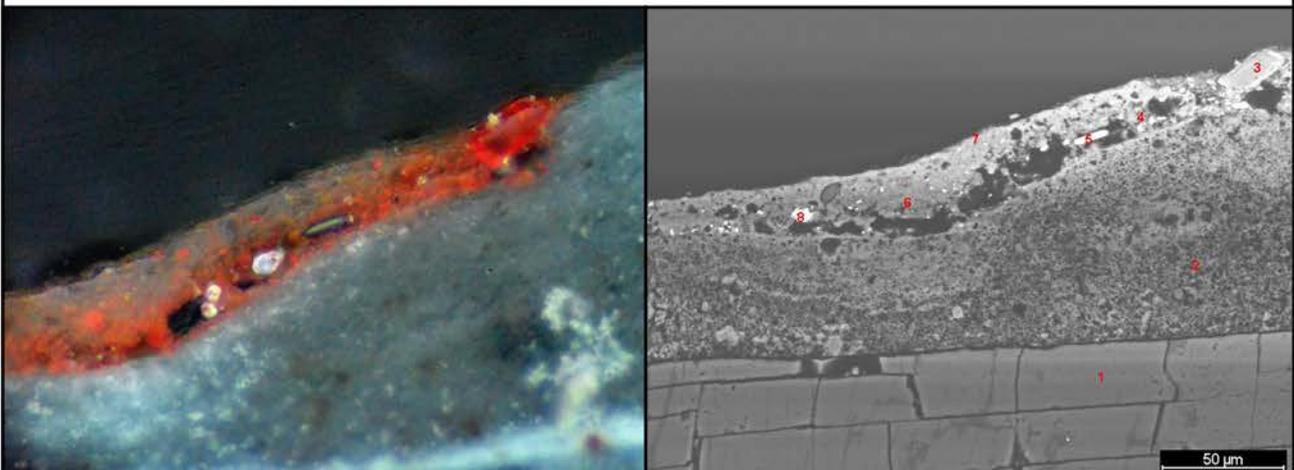


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

Lámina delgada



RESULTADOS

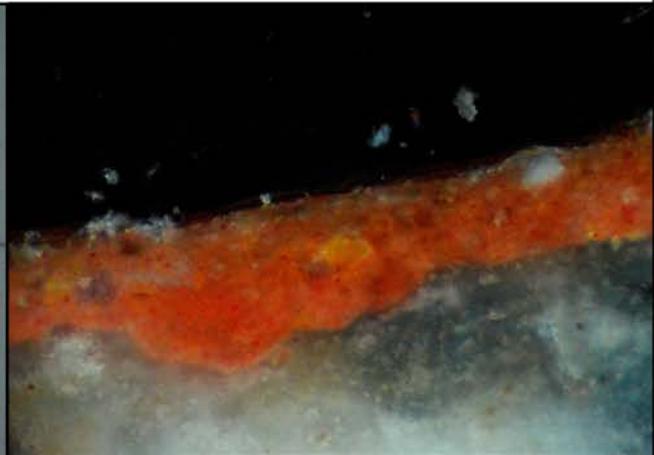
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp7: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Concreciones de tierras
Rojo	Sp4 y Sp6: Ca, Fe, Si Sp5 y Sp8: Ca, Fe	Hematites
Mortero	Sp1: Al, Si, K Sp2: Ca	Mortero de cal, árido de cuarzo y feldespato

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 051
MUESTRA	PIT3 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Parque Infantil de Tráfico	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

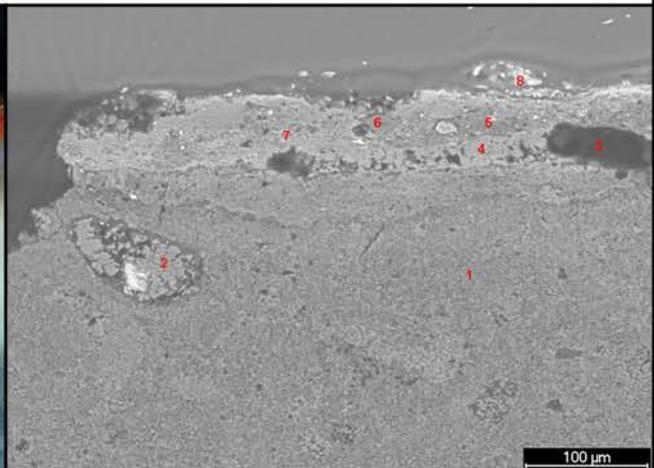
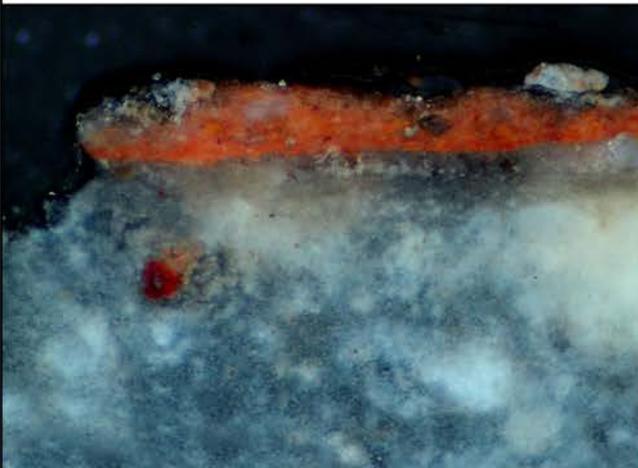


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

Lámina delgada

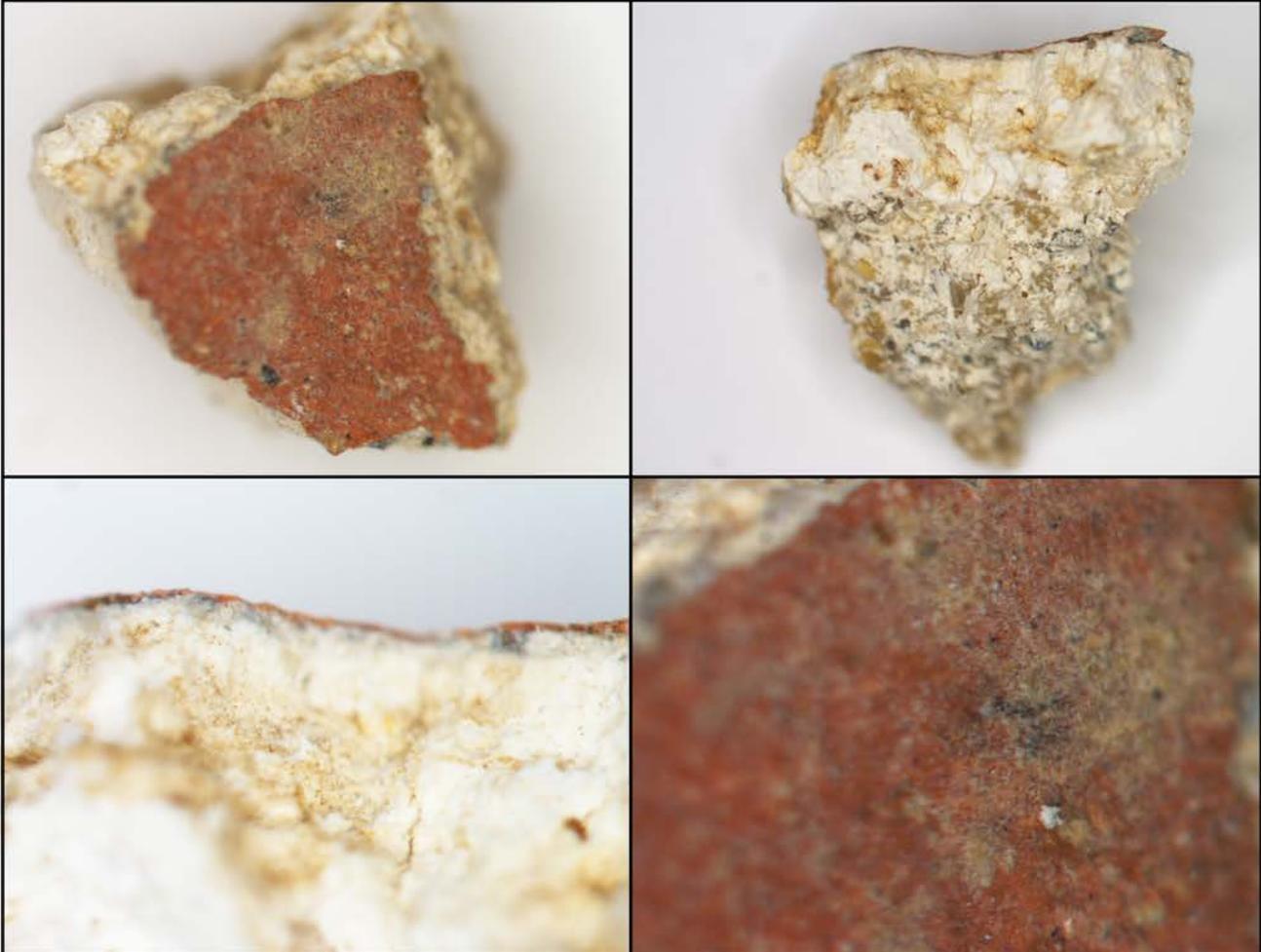


RESULTADOS

Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Concreciones	Sp8: Ca, Fe, Al, Si, K	Concreciones de tierras
Rojo	Sp5: Ca, Fe, Al, Si, K Sp7: Ca, Fe, Al, Si	Hematites mezclado con tierras
Mortero	Sp1: Ca, Si Sp2: Ca, Fe, Al, Si, K	Mortero de cal, árido de cuarzo y feldespato

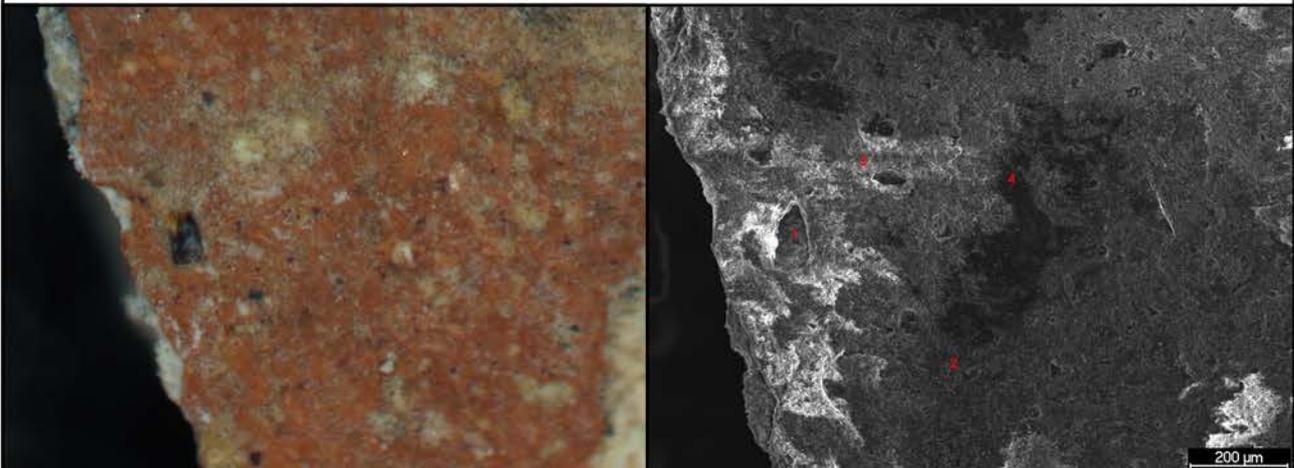
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 052
MUESTRA	PIT4 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Parque Infantil de Tráfico	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

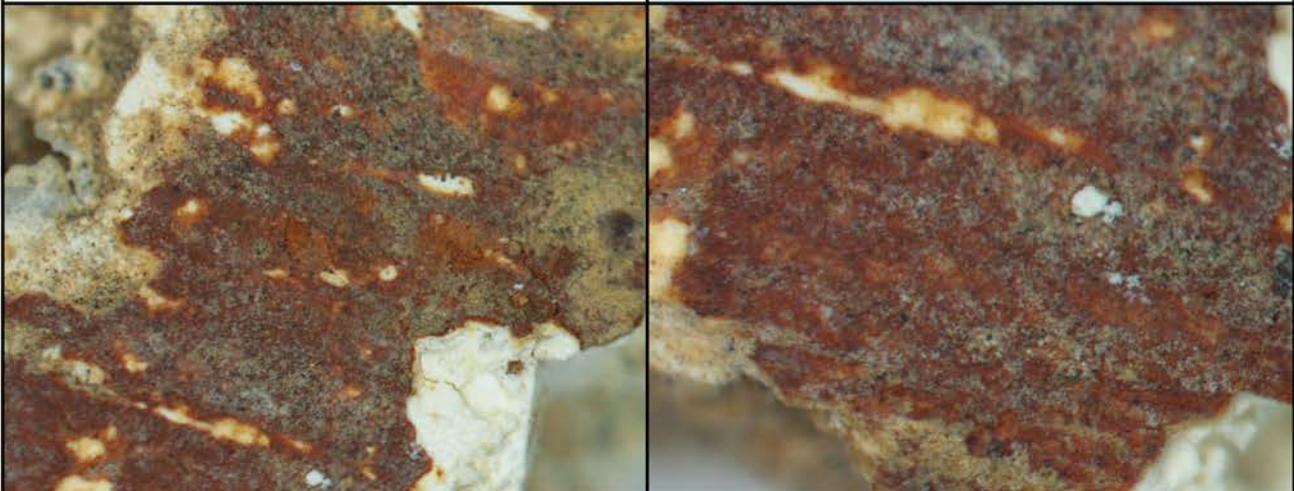
Muestra sin preparar



RESULTADOS		
Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Rojo	Sp1: Ca, Fe, Al, Si Sp2-4: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Hematites mezclado con tierras
OBSERVACIONES		
<p>Se observan en la capa pictórica inclusiones de pigmento negro. Aunque no ha sido posible identificar en esta muestra ningún elemento característico del mismo, es probable que se trate de negro de humo/carbón o negro de hueso, tal y como se aprecia en la muestra PIT5 Rojo, donde se ha identificado P entre los elementos.</p>		

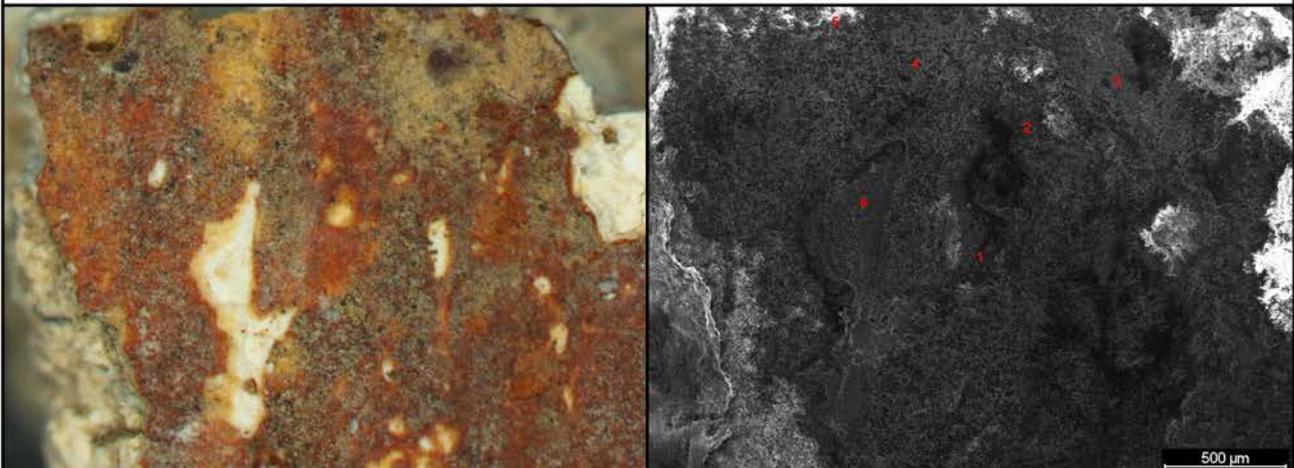
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 053
MUESTRA	PIT5 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Parque Infantil de Tráfico	Romana

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar



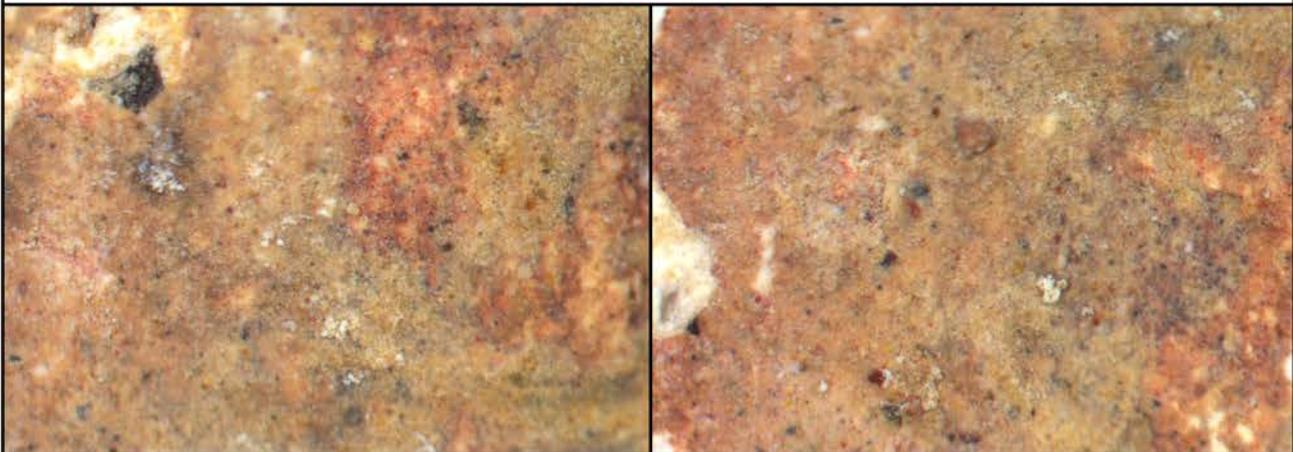
RESULTADOS		
Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Rojo	Sp2: Ca, Fe, Al, Si, K Sp3: Ca, Fe, Mg, Al, Si, P Sp4-5: Ca, Fe, Mg, Al, Si, Pb, K	Hematites mezclado con rojo de plomo, tierras y negro de hueso
OBSERVACIONES		
<p>En las fotografías tomadas mediante microscopía estereoscópica se diferencian claramente dos estratos de mortero. El último de ellos, el que recibe la capa pictórica, más fino que el anterior y con una granulometría de su árido muy pequeña.</p>		

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 054
--	--	------------------

MUESTRA	PIT6 Rojo	CRONOLOGÍA
----------------	-----------	-------------------

PROCEDENCIA	Córdoba - Parque Infantil de Tráfico	Romana
--------------------	--------------------------------------	--------

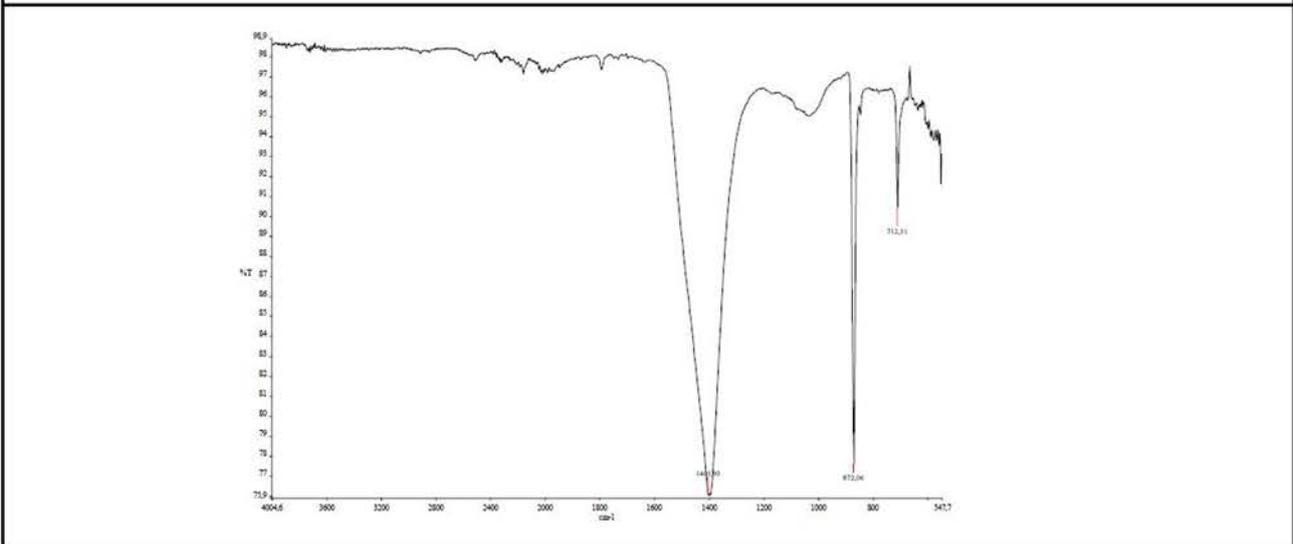
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



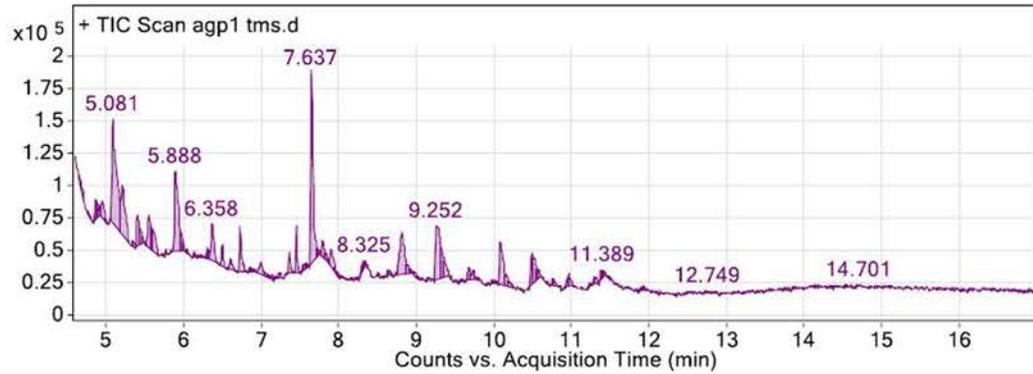
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Aglutinantes	Interpretación de resultados
Rojo	2	triglicéridos saturados, fosfatos, glicerina, metabolitos ácidos, proteína (trazas)	Hematites, aragonito, calcita
Mortero	1		Calcita, aragonito, cuarzo

OBSERVACIONES

El análisis IR no detecta sustancias orgánicas ni oxalatos. La tinción con negro amido sólo se da en los poros del mortero y en la interfase entre la capa 2 y la 3.

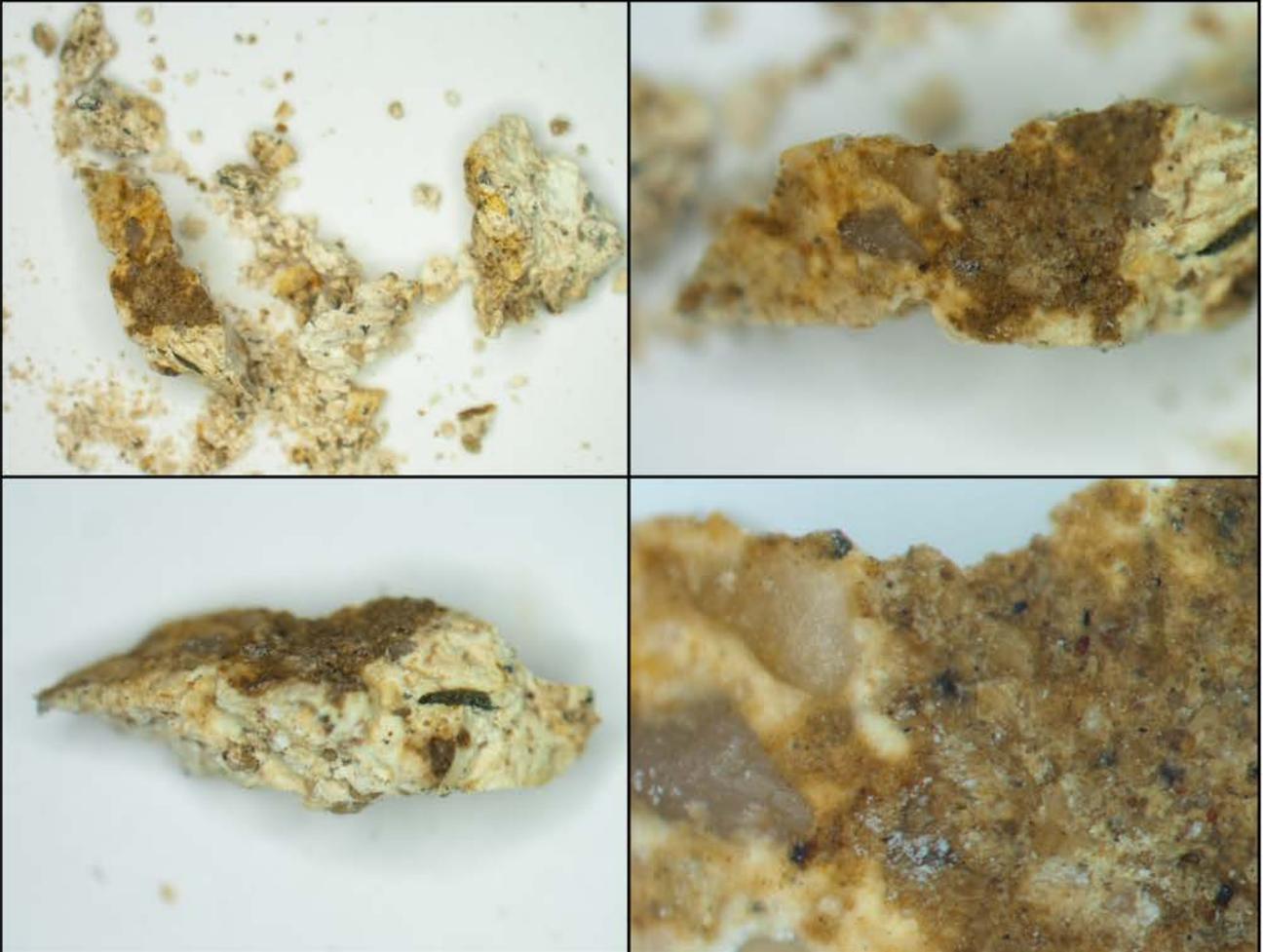
El análisis cromatográfico de hidrolizados de la muestra detecta abundantes compuestos: por un lado, ácido láctico, malónico, succínico y butanodioico, procedentes de la acción de hongos y bacterias; por otro, ácidos grasos saturados (principalmente C16 y C18) y glicerina procedentes o de una grasa animal o de la acción de microorganismos.

Hay también fosfato y trazas de glicina, leucina y serina, lo que apunta a una proteína muy biodeteriorada con alto contenido en fosfato.

Una de las imágenes que se adjunta de la muestra preparada en lámina delgada y analizada mediante microscopio óptico ha sido tomada tras la tinción de la misma con negro amido.

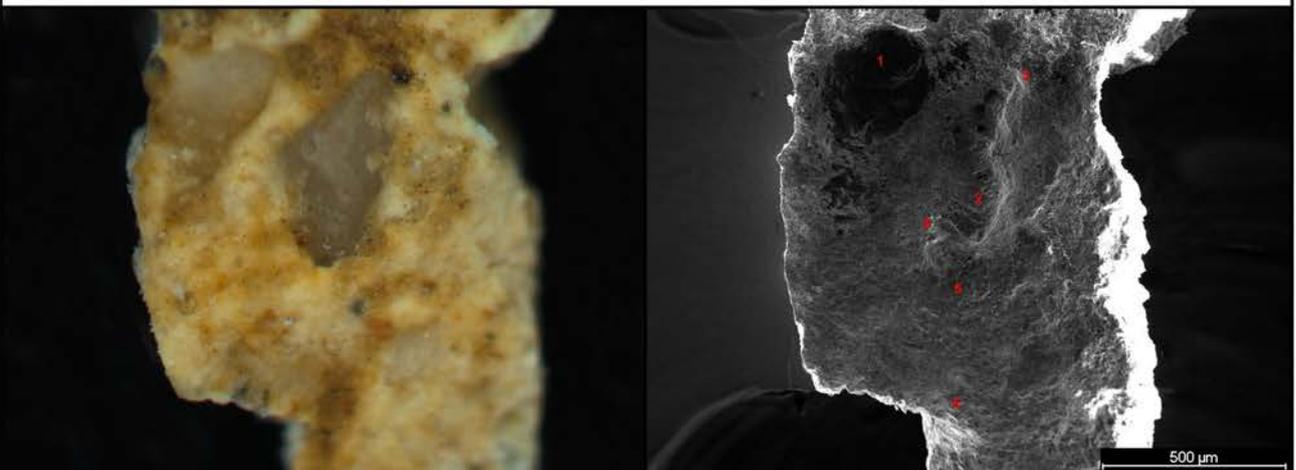
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 055
MUESTRA	MIR1 Amarillo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Miraflores	Emiral

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar

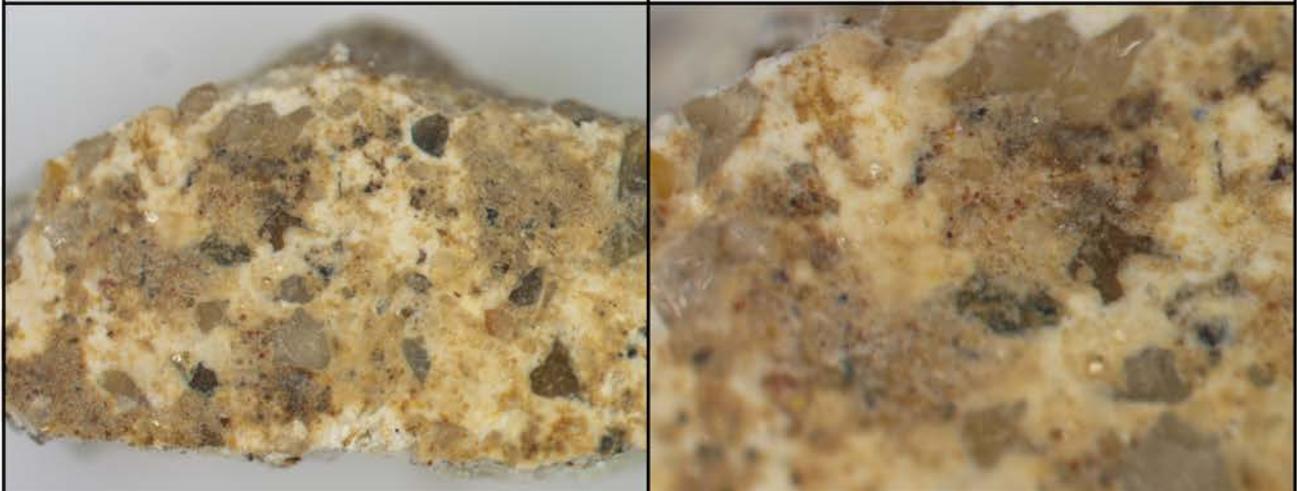


RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Amarillo	Sp3: C, Ca, O, Fe, Na, Mg, Al, Si, K Sp4: C, Ca, O, Fe, Na, Mg, Al, Si, K	Mezcla de tierras, oxi-hidróxidos de hierro y negro de humo/carbón
Mortero	Sp1: Mg, Al, Si Sp2: Al, Si, Ca	Mortero de cal y árido silíceo

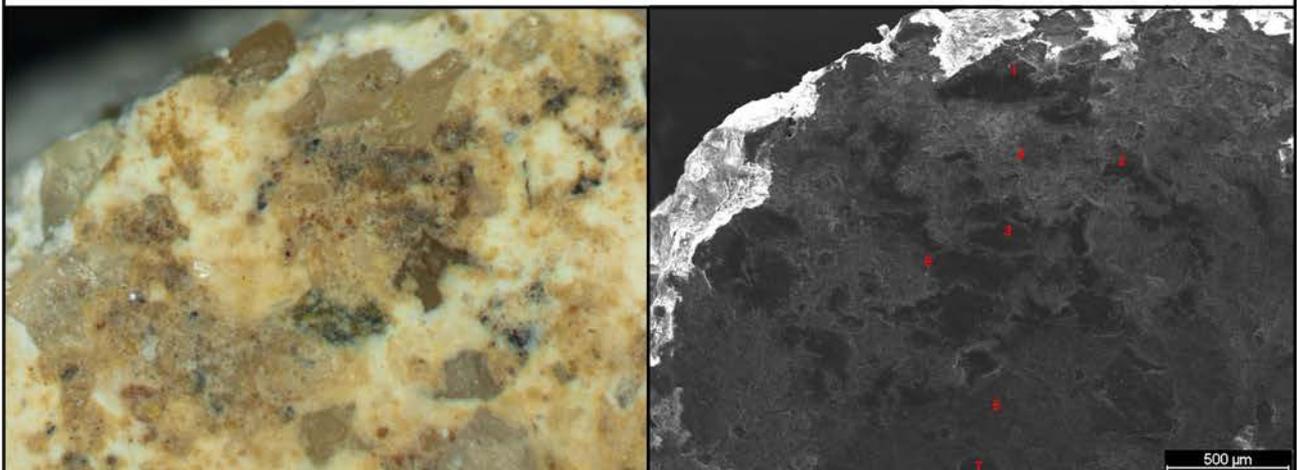
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 056
MUESTRA	MIR2 Amarillo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Miraflores	Emiral

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar

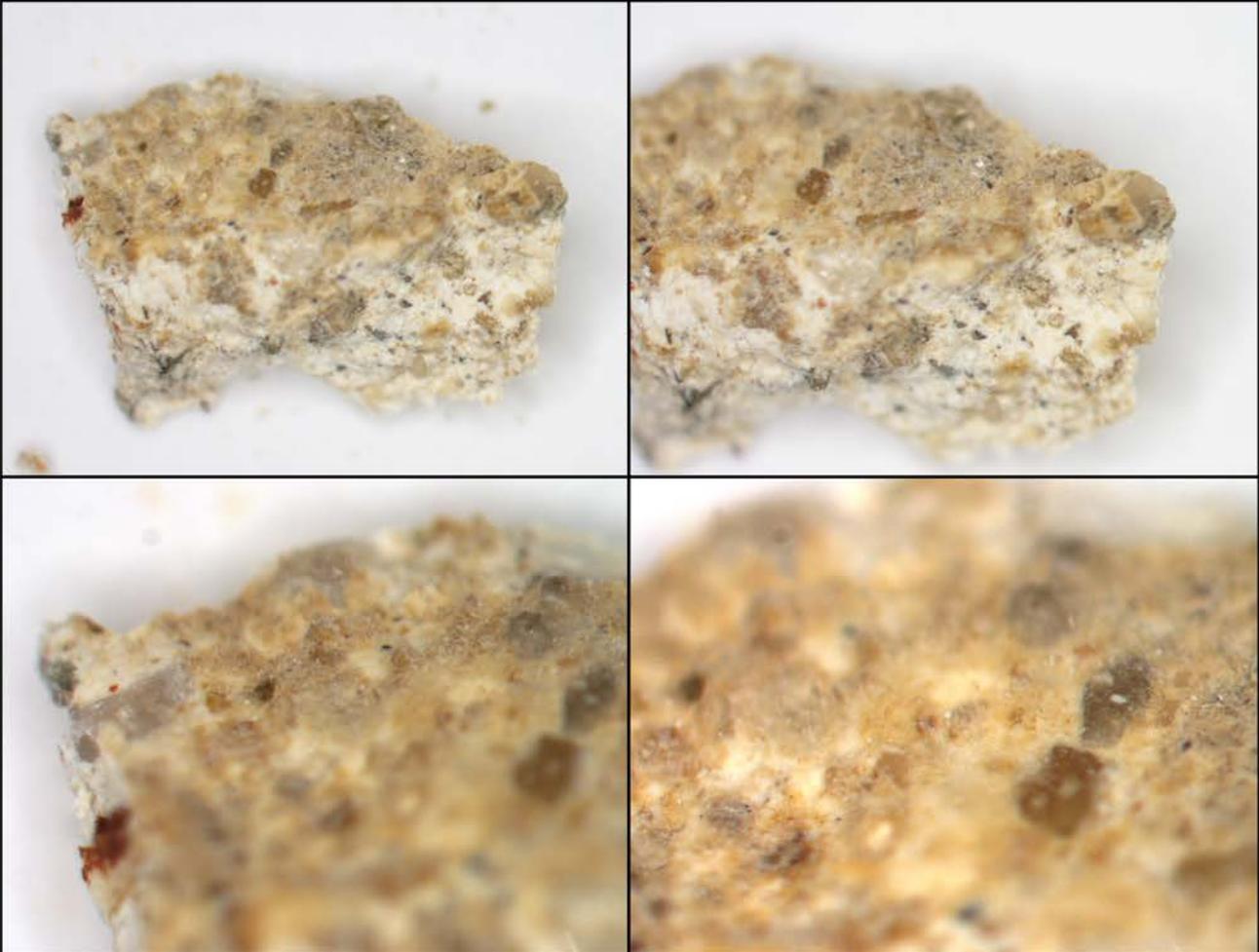


RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Amarillo	Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp4: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Mezcla de tierras y oxi-hidróxidos de hierro
Mortero	Sp1: Al, Si, Ca Sp7: Ca, Na, Mg, Al, Si, K	Mortero de cal y árido de feldespato potásico

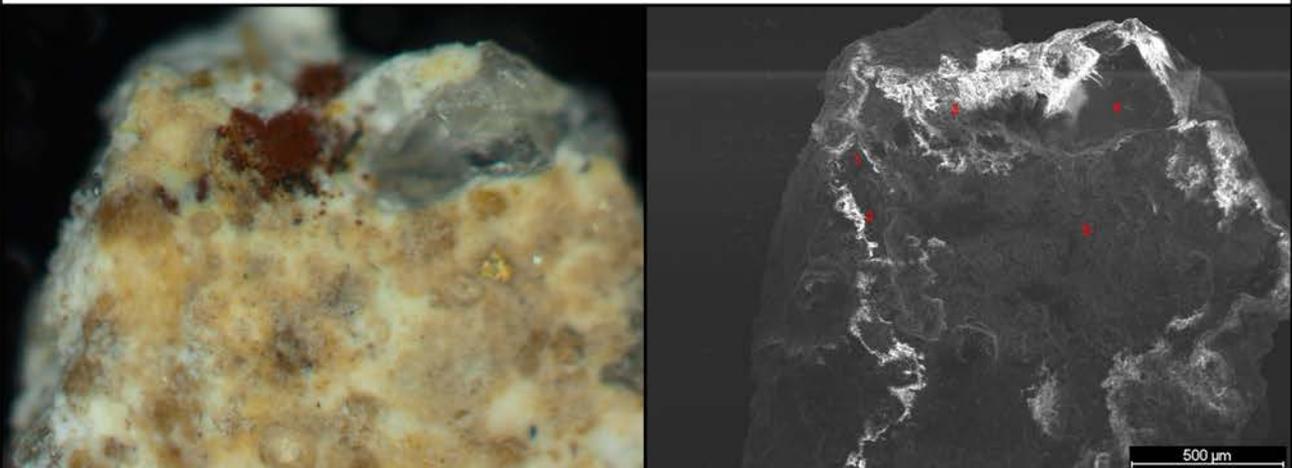
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 057
MUESTRA	MIR3 Amarillo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Miraflores	Emiral

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar



RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Amarillo	Sp5: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp3: Ca, Fe, Mg, Al, Si	Mezcla de tierras y oxi-hidróxidos de hierro
Mortero	Sp4: Si, Ca, Al	Mortero de cal y árido silíceo

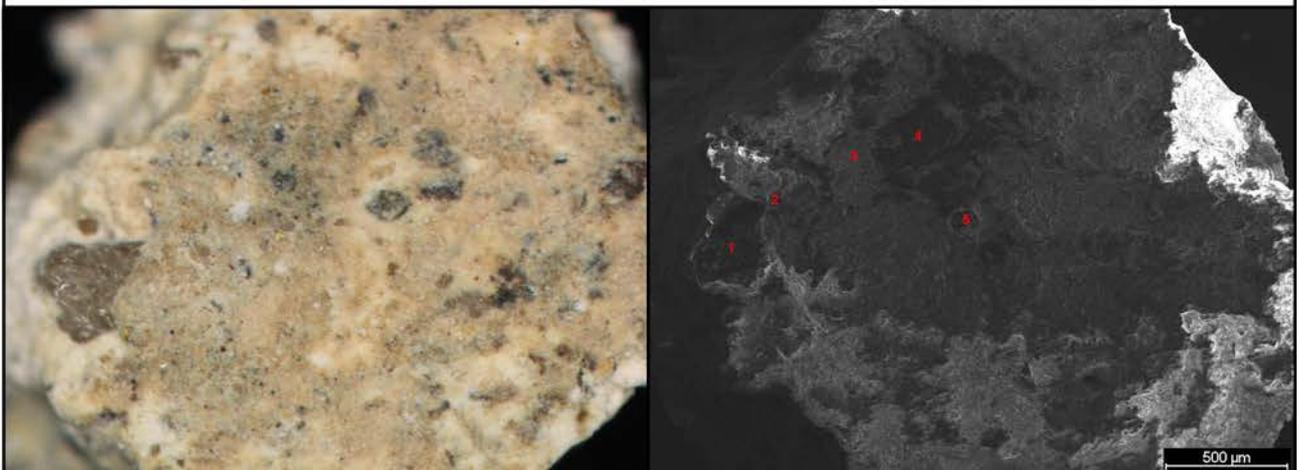
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 058
MUESTRA	MIR4 Blanco	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Miraflores	Emiral

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar

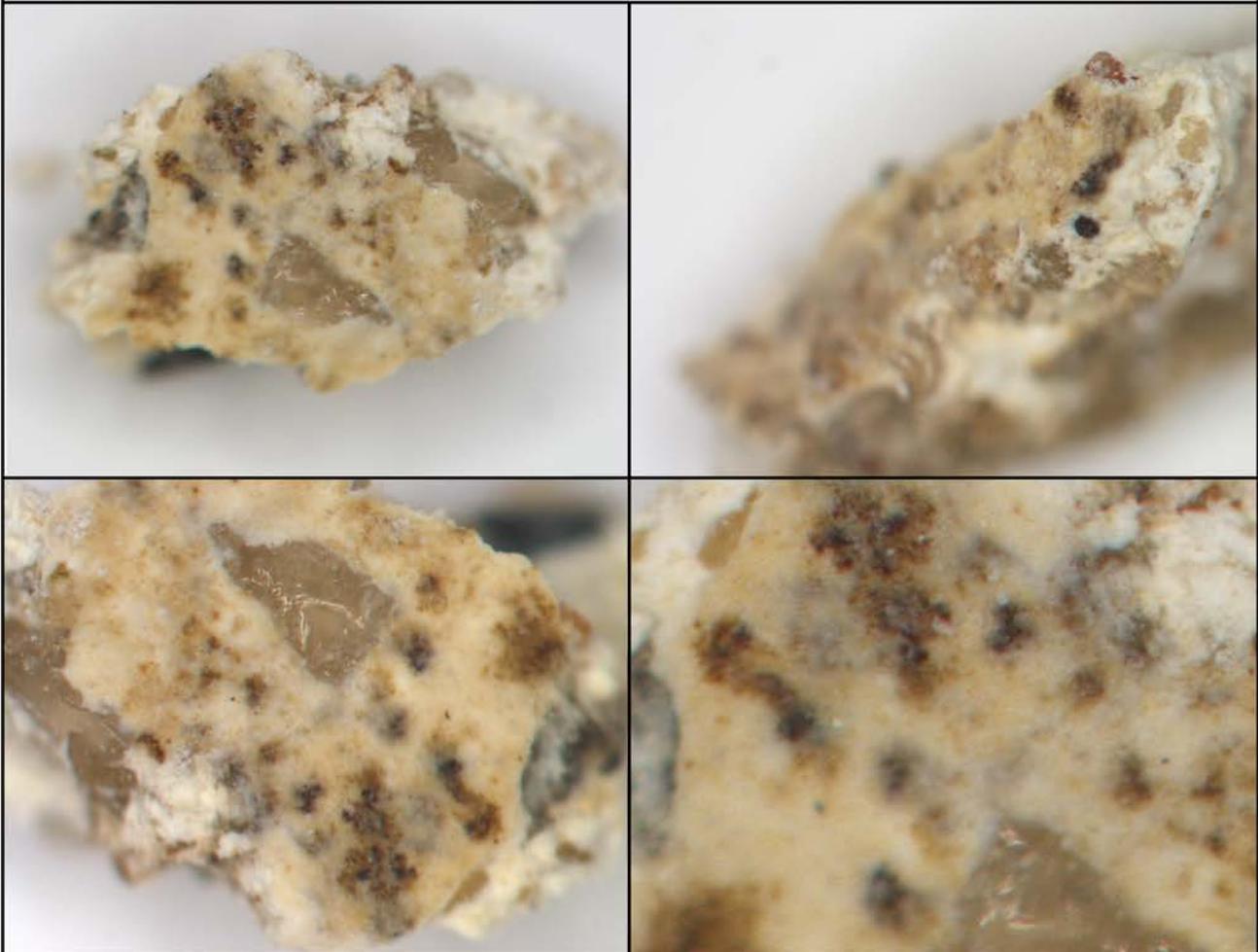


RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Blanco	Sp2-4: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Mezcla de tierras y blanco de cal
Mortero	Sp1: Al, Si, Ca Sp7: Ca, Si	Mortero de cal y árido de naturaleza silícea

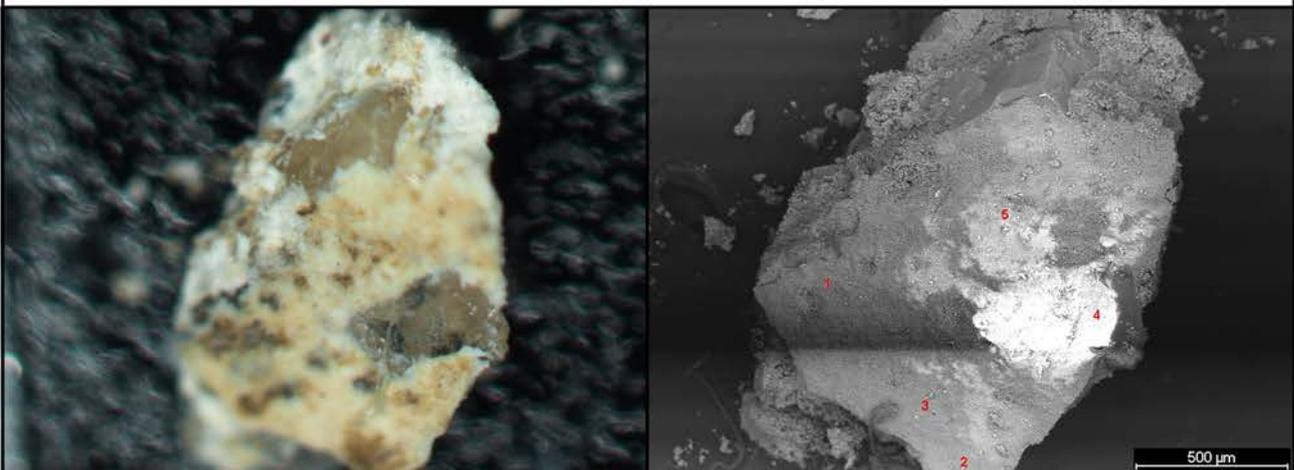
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 059
MUESTRA	MIR5 Marrón	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Miraflores	Emiral

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar

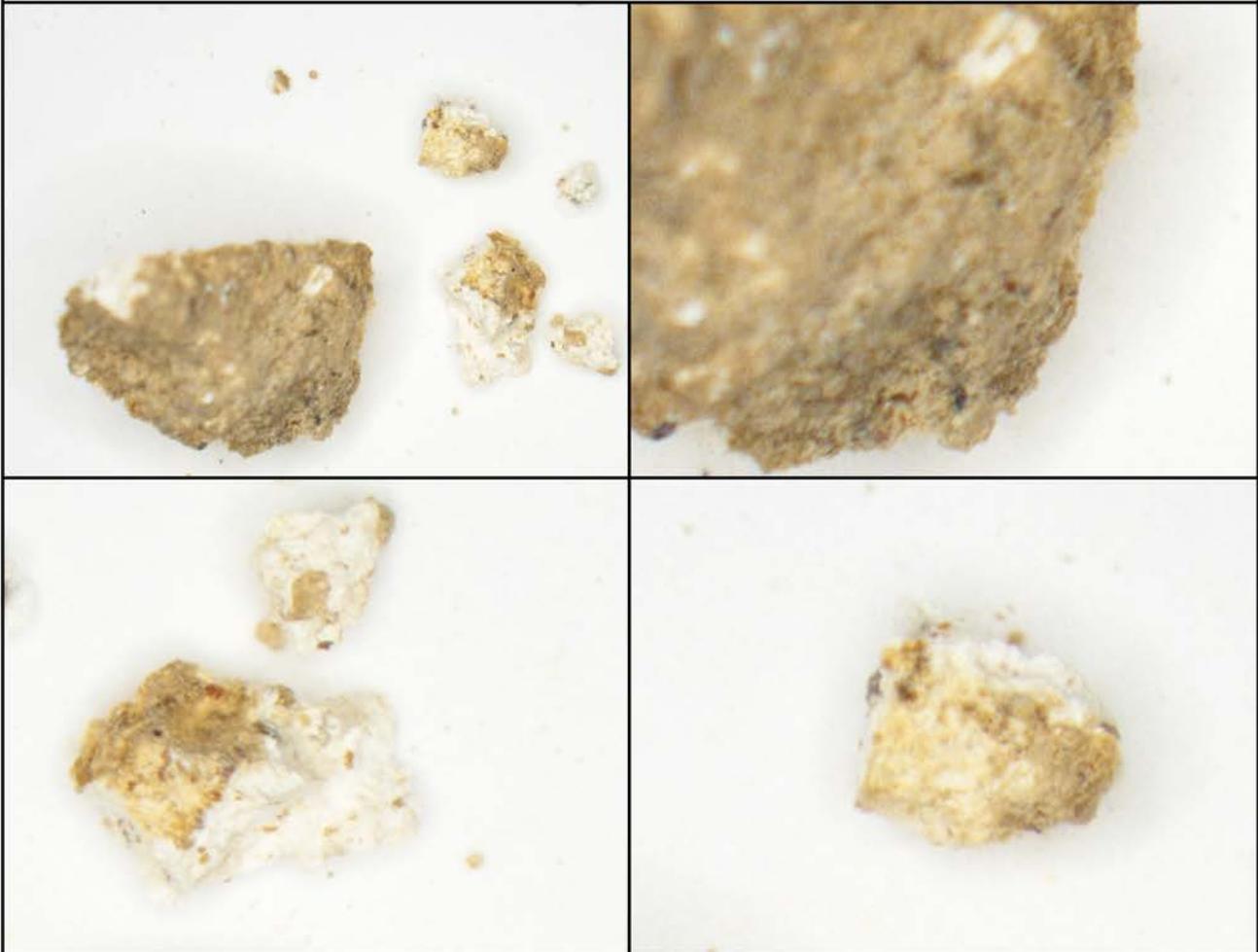


RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Marrón	Sp1: Ca, Mn, Fe, Al, Si, K Sp3: Ca, Al, Si Sp5: Ca, Fe, Al, Si	Mezcla de tierras
Mortero	Sp2: Ca, Al, Si, K Sp4: Ca, Al, Si	Mortero de cal y árido de feldespató potásico

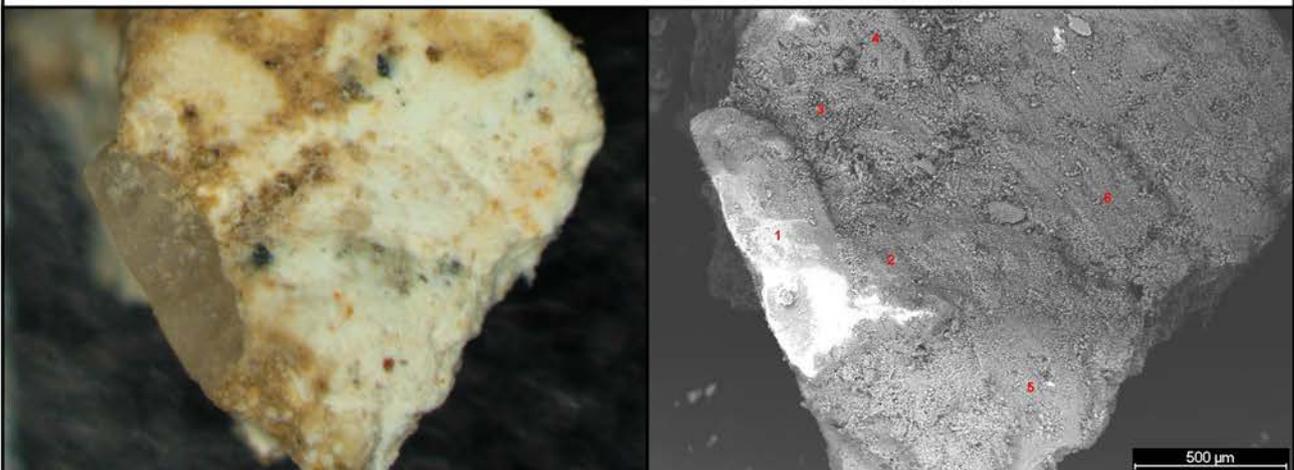
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 060
MUESTRA	MIR6 Blanco	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Miraflores	Emiral

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar

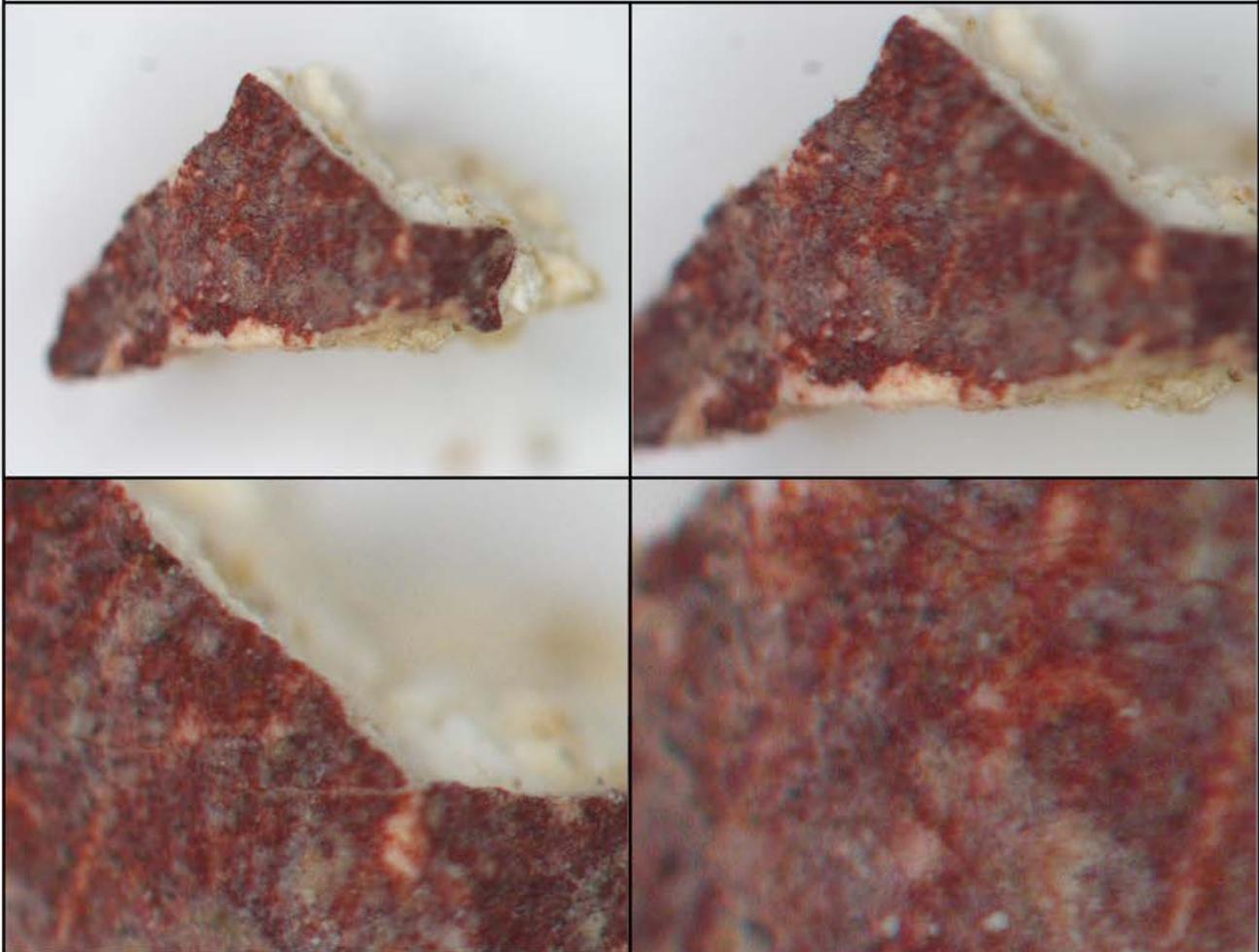


RESULTADOS

Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Blanco	Sp2: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K Sp3: Ca, Fe, Al, Si, K	Mezcla de tierras y blanco de cal
Mortero	Sp1: Ca, Mg, Al, Si, K Sp4: Ca, Al, Si	Mortero de cal y árido de feldespató potásico

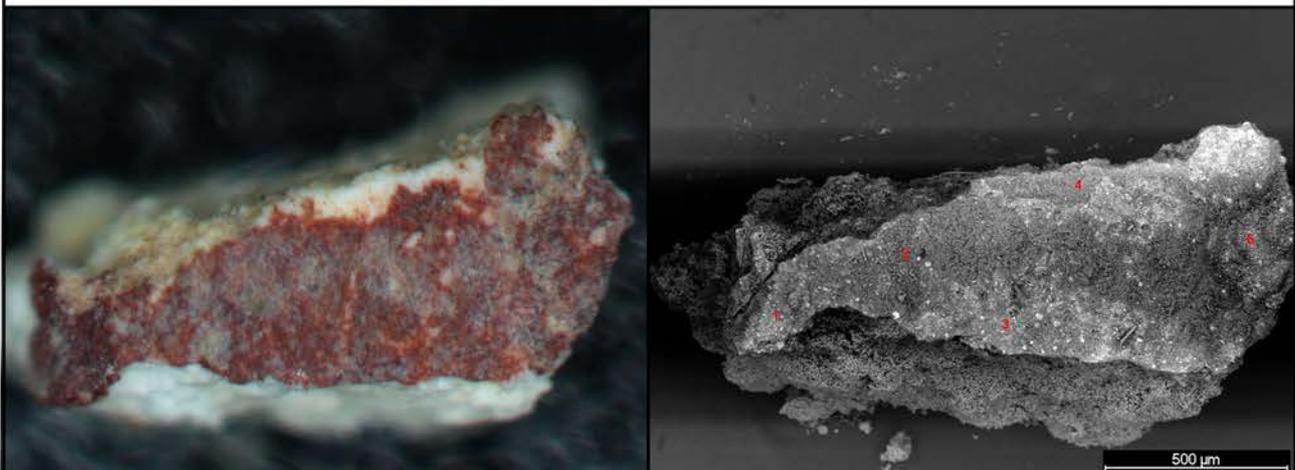
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 061
MUESTRA	HRS1 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Hospital Reina Sofía	Califal

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar



RESULTADOS

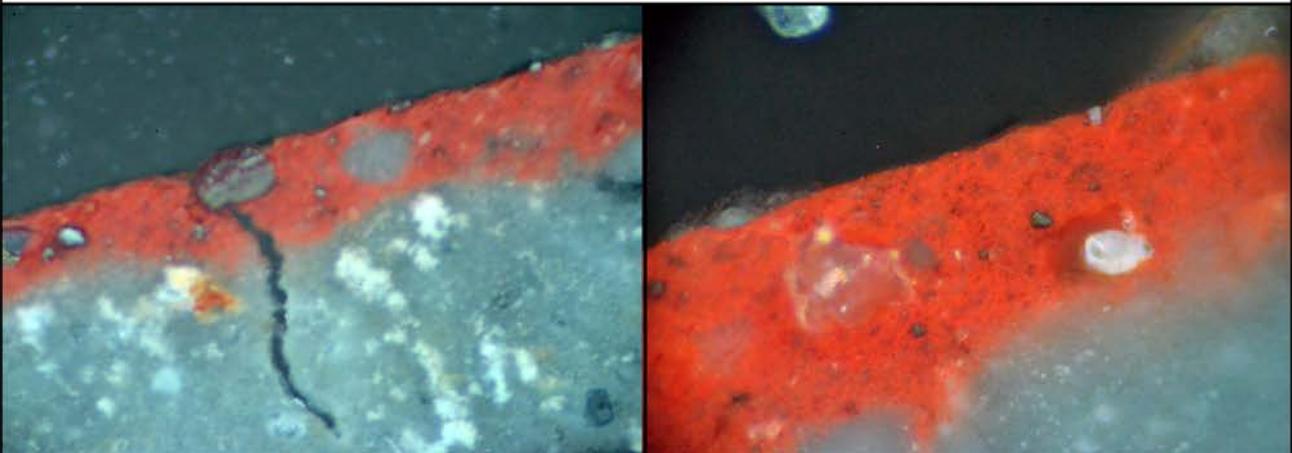
Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Rojo	Sp1-3: Ca, Fe, Al, Si, K Sp4-5: Ca, Fe, Al, Si	Hematites mezclado con tierras
Mortero	Sp6: Ca, Al, Si	Mortero de cal y árido de naturaleza silícea

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 062
MUESTRA	HRS2 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Hospital Reina Sofía	Califal

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

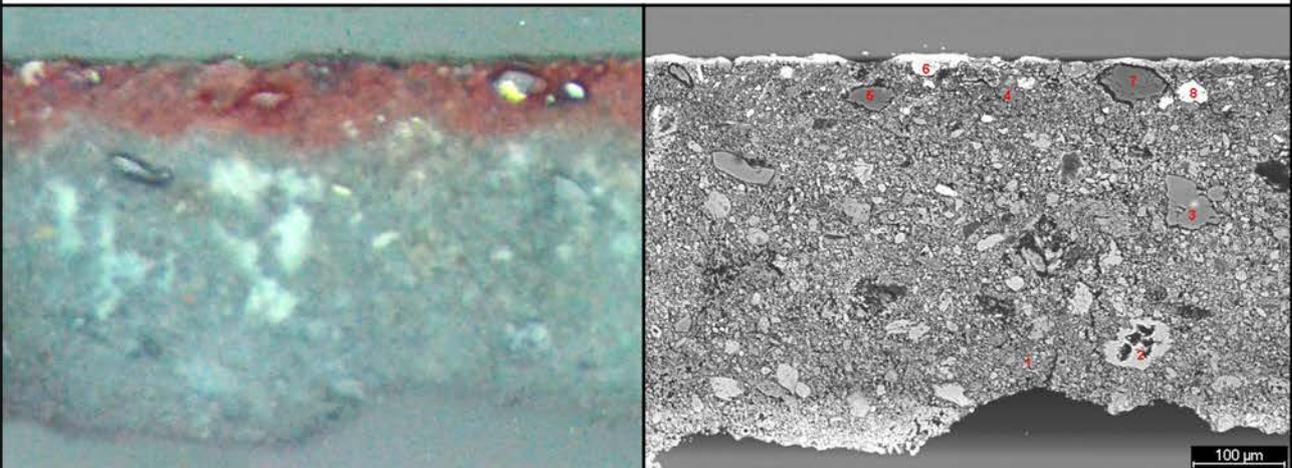


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

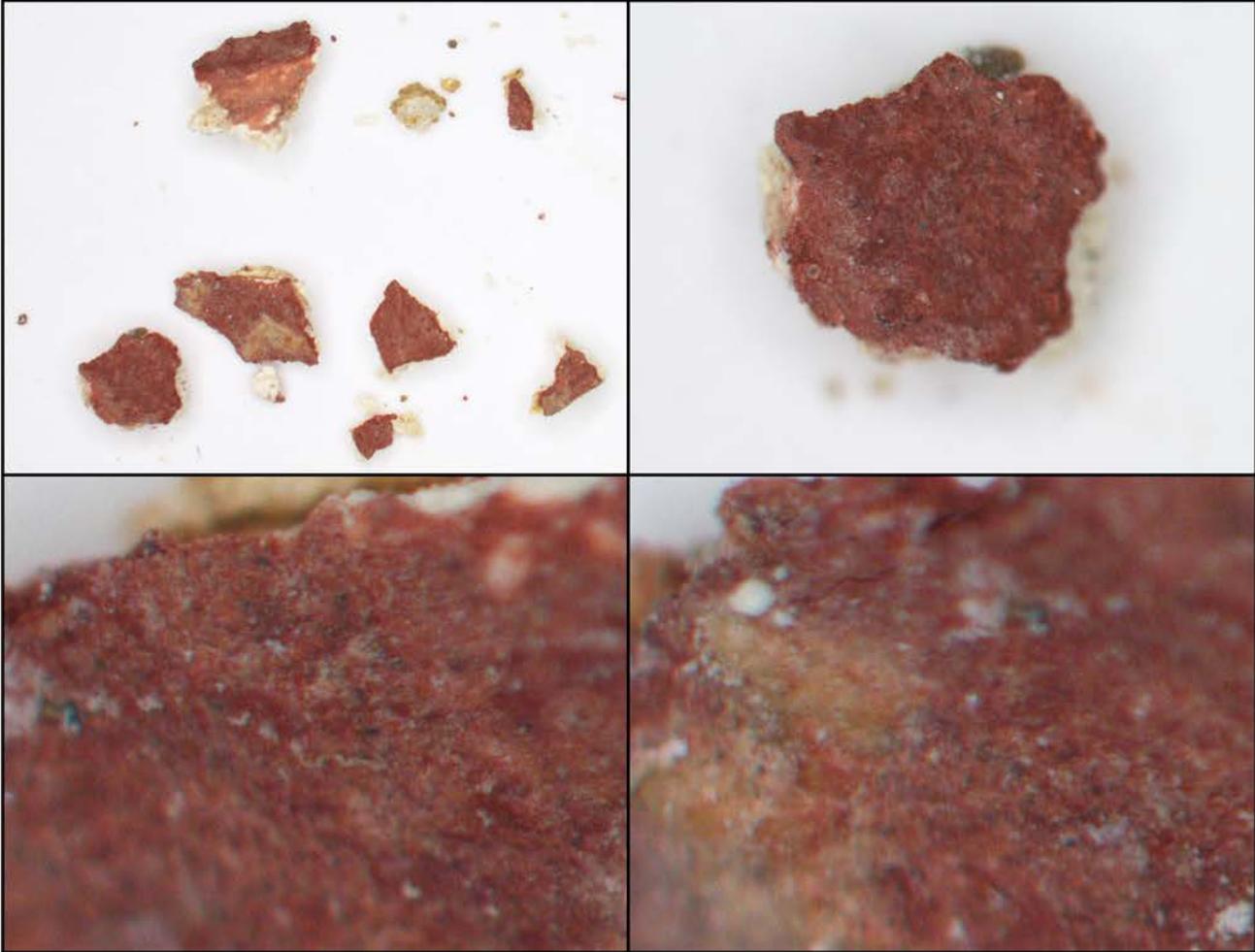
Lámina delgada



RESULTADOS		
Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Rojo	Sp4: Ca, Fe, Al, Si Sp5: Si Sp6: Ca, Fe, Si	Hematites mezclado con tierras
Mortero	Sp1-2: Ca, Si Sp3: Si	Mortero de cal y árido de cuarzo
OBSERVACIONES		
<p>En esta muestra se puede observar como el mortero presenta un solo estrato y es de un color más blanco que las muestras de los revestimientos anteriores. Del mismo modo, se aprecia la superficie pictórica espatulada.</p>		

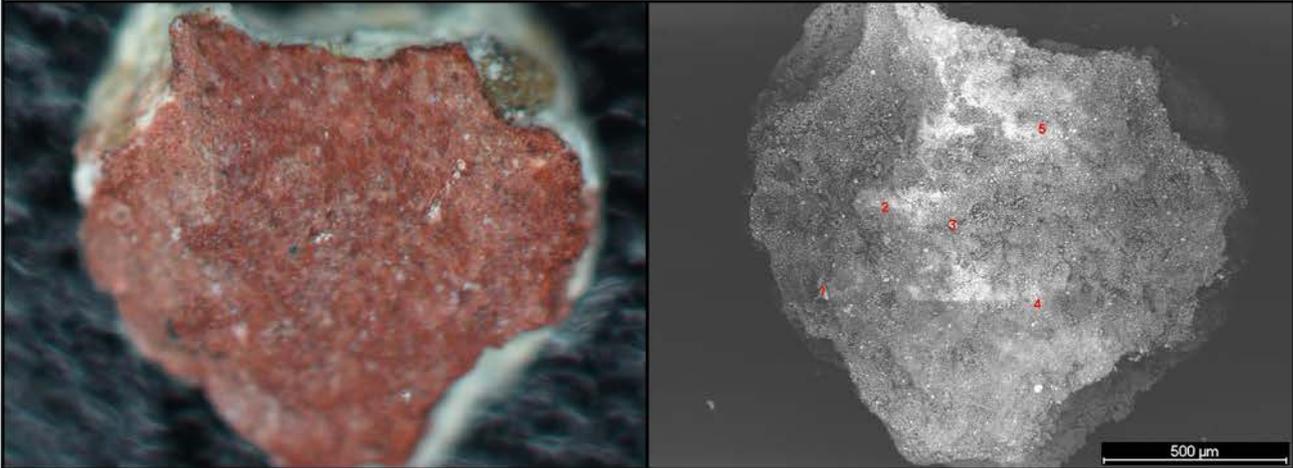
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 063
MUESTRA	HRS4 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Hospital Reina Sofía	Califal

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar



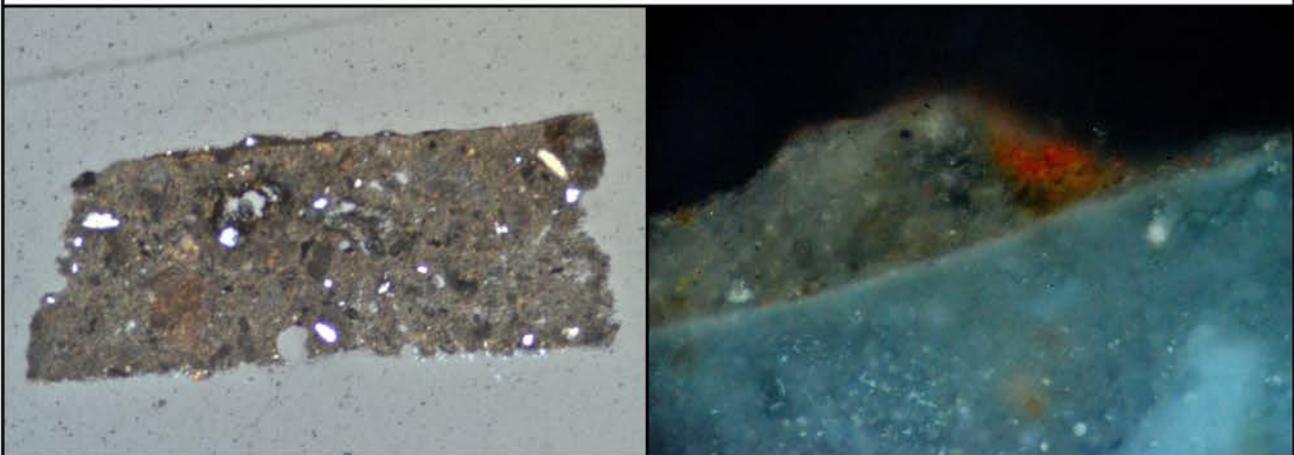
RESULTADOS		
Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Rojo	Sp4: Ca, Fe, Al, Si, K Sp2 y Sp4: Ca, Fe, Al, Si Sp3: Ca, Fe, Si	Hematites mezclado con tierras
Mortero	Sp5: Ca, Si	Mortero de cal y árido de cuarzo

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 064
MUESTRA	HRS5 Blanco	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Hospital Reina Sofía	Califal

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

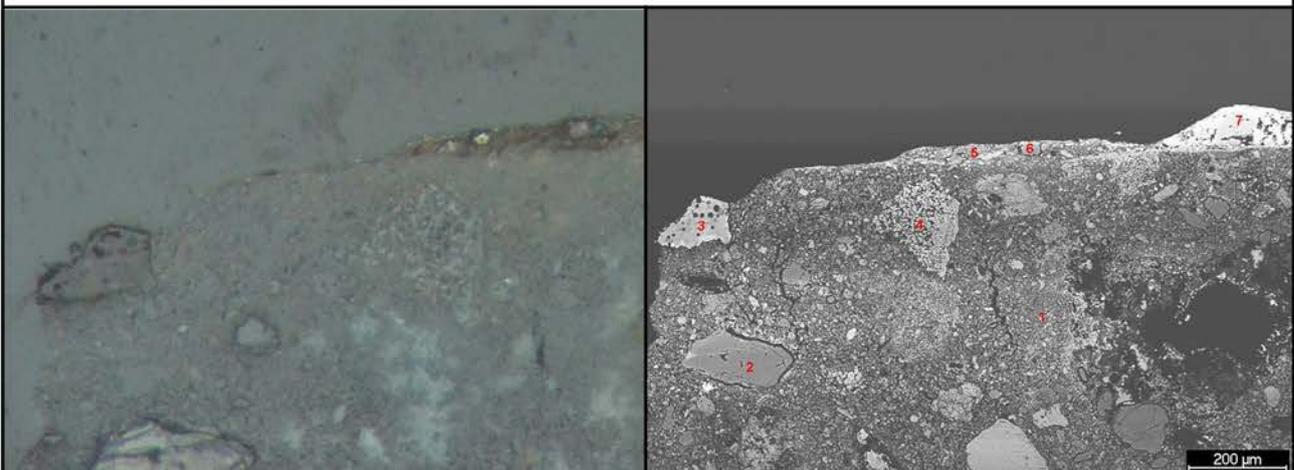


MICROSCOPIO ÓPTICO



SEM - EDX

Lámina delgada

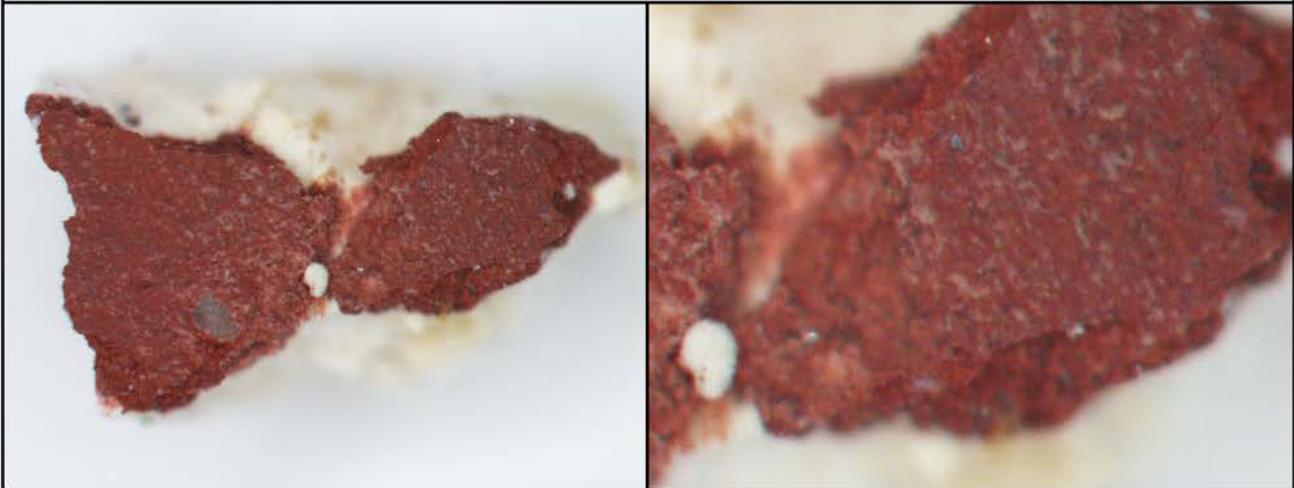


RESULTADOS

Estratos	EDX Lámina delgada	Interpretación de resultados
Blanco	Sp5: Ca, Fe, Al, Si, K Sp6: Si	Blanco de cal mezclado con tierras
Mortero	Sp1: Ca, Al, Si Sp4: Ca, Si	Mortero de cal y árido de sílice

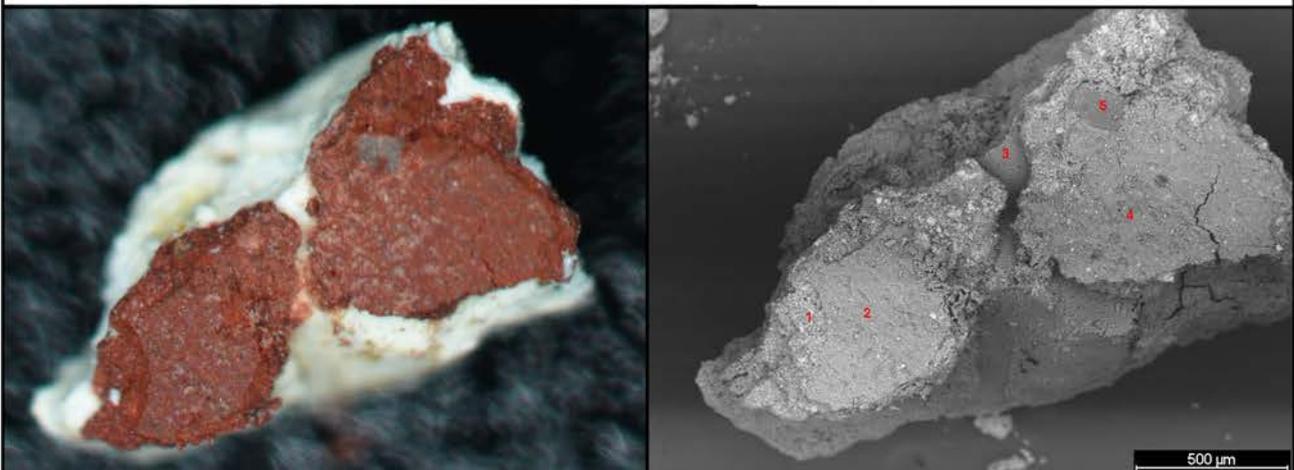
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 065
MUESTRA	HRS6 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Hospital Reina Sofía	Califal

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

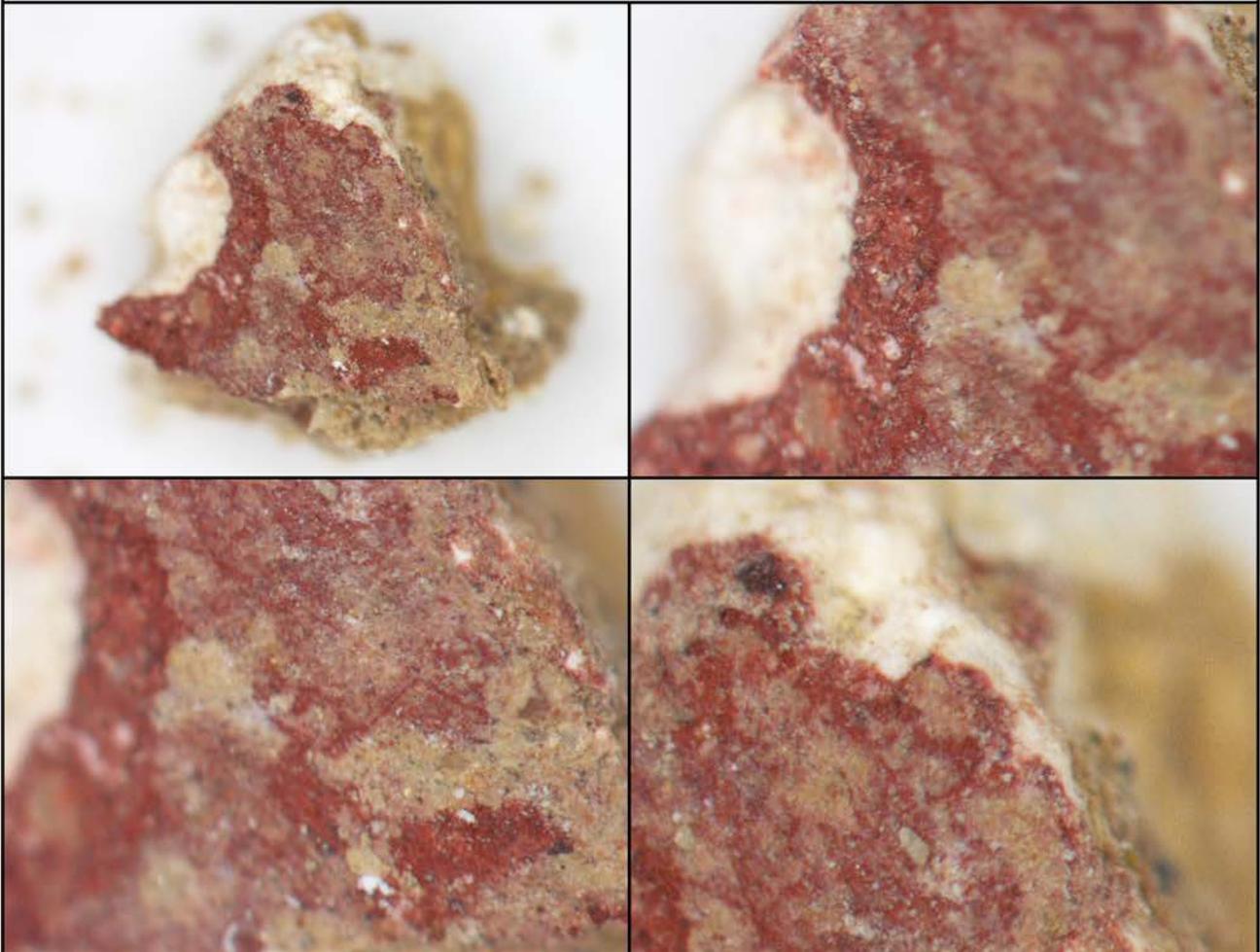
Muestra sin preparar



RESULTADOS		
Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Rojo	Sp1-2: Ca, Fe, Al, Si Sp4: Ca, Fe, Mg, Al, Si	Hematites mezclado con tierras
Mortero	Sp3: Ca	Mortero de cal y una calcita muy pura
OBSERVACIONES		
Se observa la impronta de la paja añadida al mortero.		

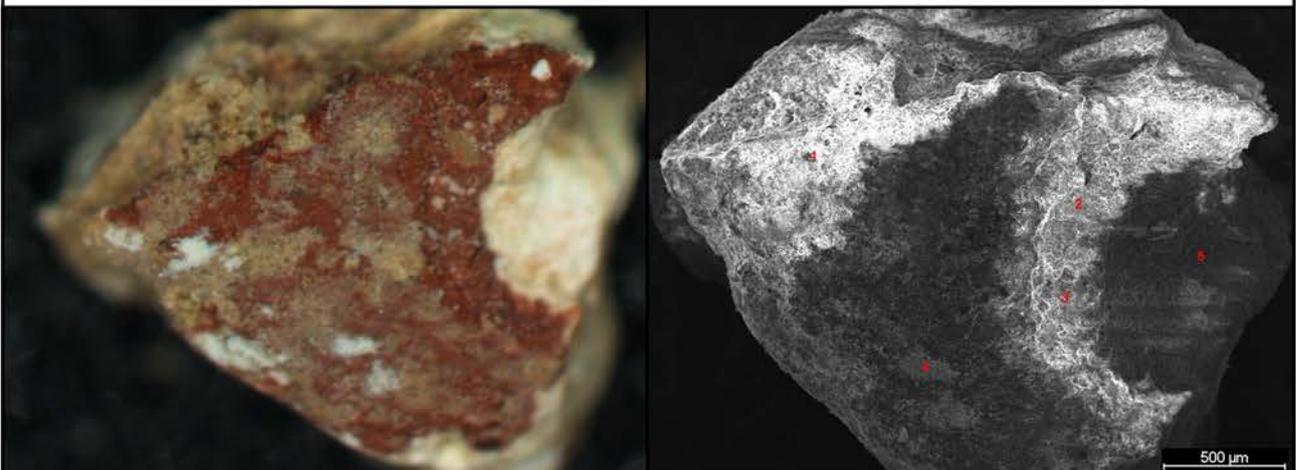
ANEXO 2 - CARATERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 066
MUESTRA	HRS7 Rojo	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Hospital Reina Sofía	Califal

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

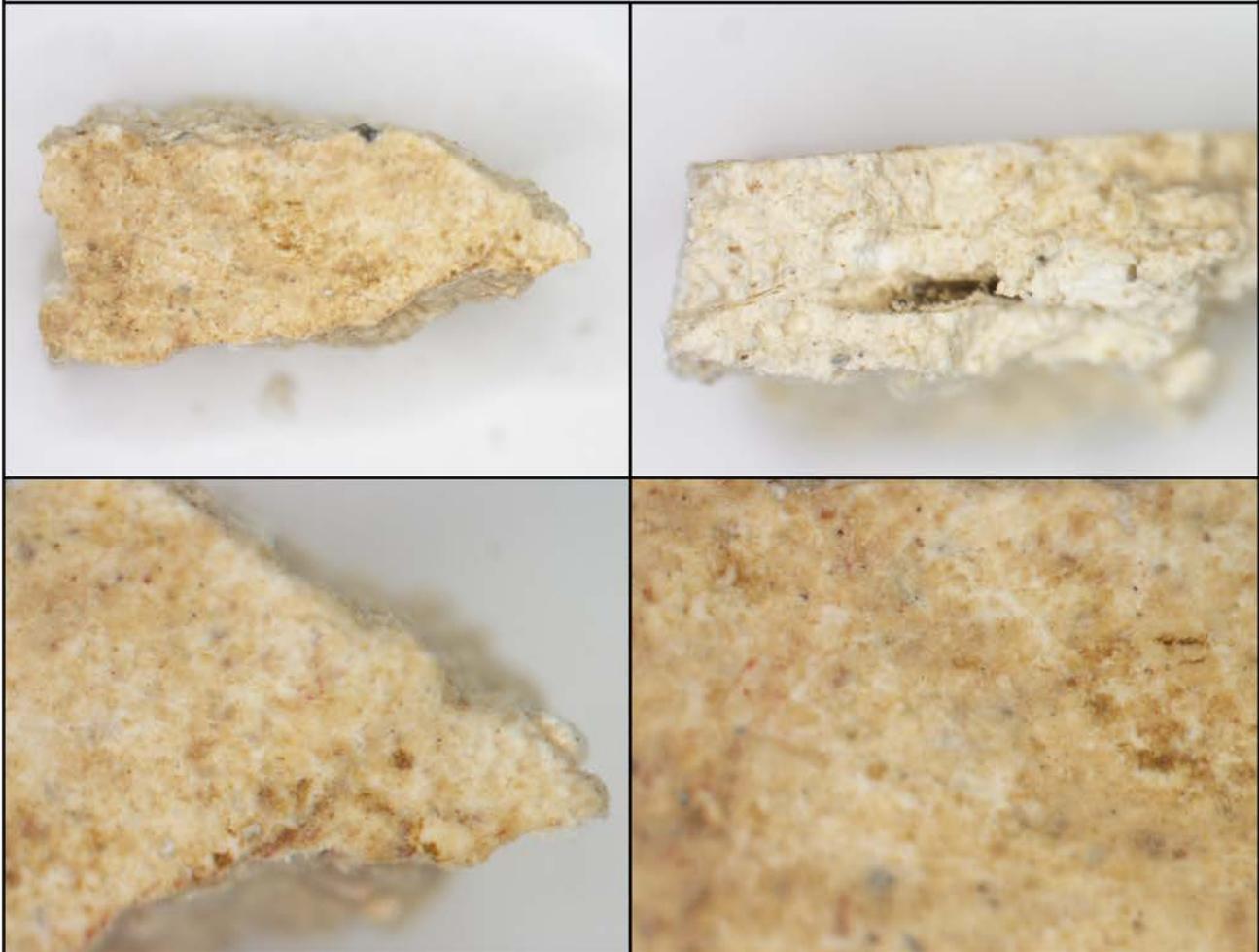
Muestra sin preparar



RESULTADOS		
Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Rojo	Sp1-3: Ca, Fe, Al, Si, K Sp4: Ca, Fe, Si	Hematites mezclado con tierras
Mortero	Sp5: Ca, Al, Si	Mortero de cal y una calcita muy pura como árido

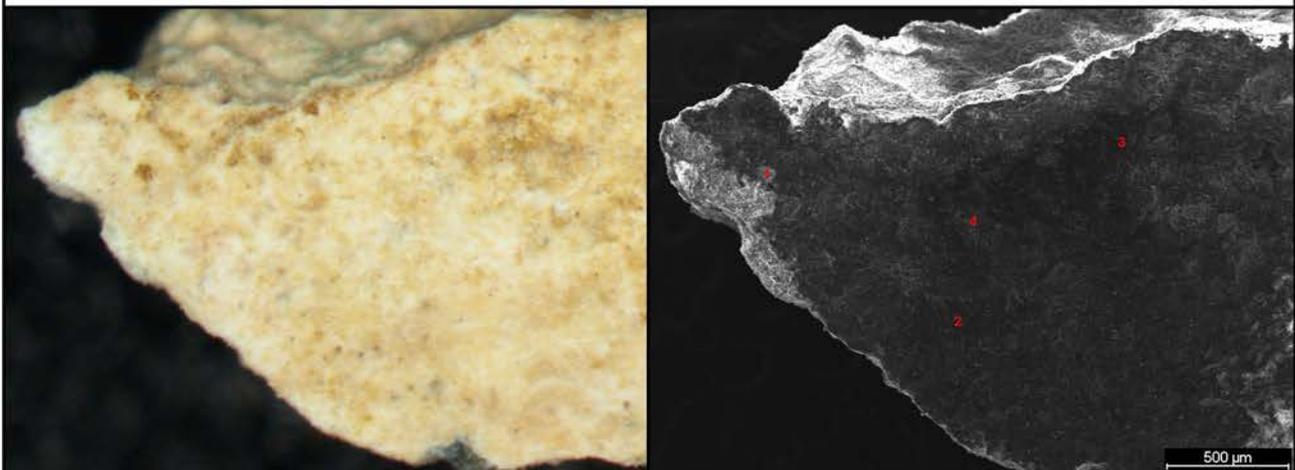
ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 067
MUESTRA	HRS8 Blanco	CRONOLOGÍA
PROCEDENCIA	Córdoba - Hospital Reina Sofía	Califal

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



SEM - EDX

Muestra sin preparar



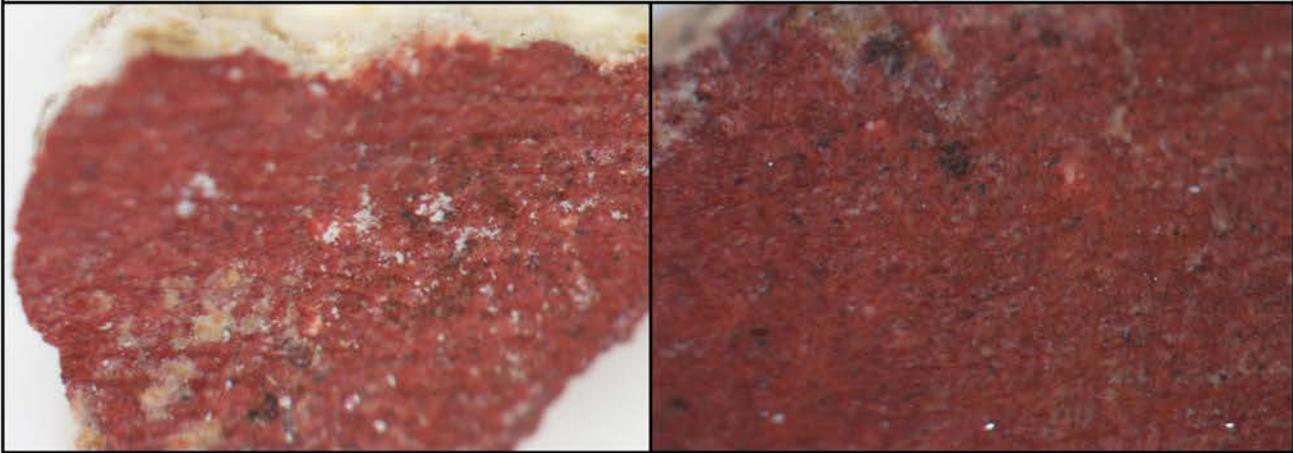
RESULTADOS		
Estratos	EDX Muestra sin preparar	Interpretación de resultados
Blanco	Sp2-4: Ca, Fe, Mg, Al, Si, K	Blanco de cal mezclado con tierras
Mortero	Sp1: Ca, Al, Si, K	Mortero de cal y árido de sílice

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES		Ficha 068
--	--	------------------

MUESTRA	HRS9 Rojo	CRONOLOGÍA
----------------	-----------	-------------------

PROCEDENCIA	Córdoba - Hospital Reina Sofía	Califal
--------------------	--------------------------------	---------

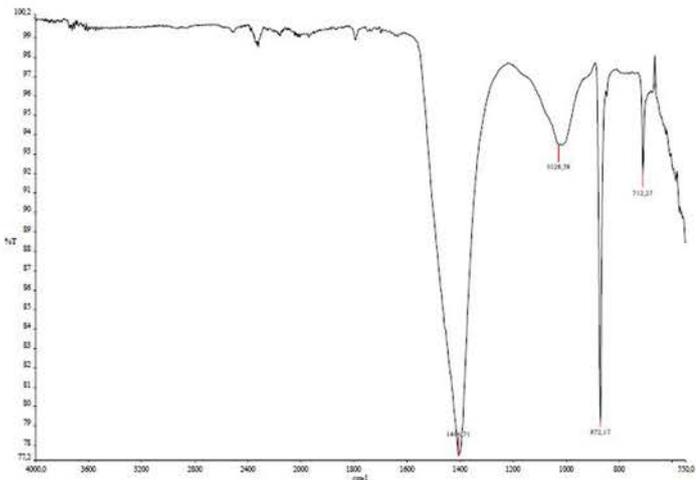
MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO



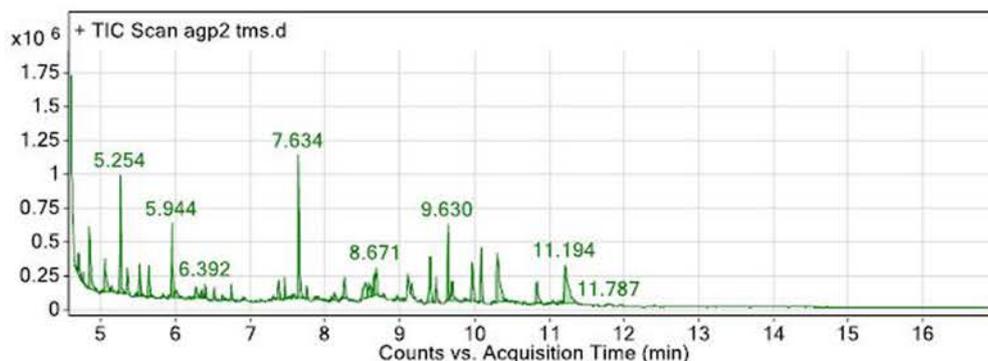
MICROSCOPIO ÓPTICO



ESPECTROSCOPIA DE IR-FT



CROMATOGRAFÍA DE GASES



RESULTADOS

Estratos	Capa	Agglutinantes	Interpretación de resultados
Rojo	2	Glicerina, metabolitos ácidos, glucosa, ácidos grasos (trazas), hidroxidehidroabiético (trazas)	Hematites, calcita
Mortero	1	Glicerina, metabolitos ácidos, glucosa, ácidos grasos (trazas), hidroxidehidroabiético (trazas)	Calcita, cuarzo, arcillas

OBSERVACIONES

No se han detectado en el análisis de IR señales de materiales filmógenos naturales o ácido oxálico. La tinción con negro amido no ha sido positiva en ningún estrato. El análisis cromatográfico sólo ha identificado pequeños compuestos, todos ellos relacionados con el metabolismo de microorganismos, e hidroxidehidroabiético, en baja concentración, procedente de la degradación oxidativa de resinas de pino.

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

TIPO DE ANÁLISIS Difracción de rayos X (DRX)

CASTVLO ROMANAS - R

Muestra	Calcita	Cuarzo	Dolomita	Feldespatopotásico	Plagioclasas	Moscovita
R21 Rojo 3°Str	27.20%	34.45%	9.04%	22.54%	6.77%	
R21 Rojo 4°Str	59.20%	22.70%		15.18%	2.93%	
R22 Verde 3°Str	31.29%	35.43%	27.38%	3.33%	2.57%	
R22 Verde 4°Str	54.23%	25.47%		17.35%	2.95%	
R23 M 3°Str	31.29%	35.43%	27.38%	3.33%	2.57%	
R23 M 4°Str	62.44%	24.13%	3.23%	7.52%	2.67%	
R32 Rojo 3°Str	40.56%	33.94%	7.14%	15.23%	3.13%	
R32 Rojo 4°Str	52.95%	24.87%	2%	17.29%	2.88%	
R38 Rojo 3°Str	38.15%	15.80%	17.53%	16.25%	12.27%	
R38 Rojo 4°Str	66.12%	4.87%	7.68%	8.54%	12.78%	
R46 M 2°Str	44.39%	18.09%	17.83%	12.48%	2.02%	5.19%
R47 M 2°Str	18.70%	25.46%		16.34%	29.98%	9.52%
R48 M 2°Str	25.66%	30.89%	24.66%	5.53%	4.75%	8.51%
R49 M 3°Str	18.85%	44.23%	9.27%	5.87%	5.68%	16.10%
R50 M 3°Str	16.97%	33.56%		4.46%	30.76%	14.26%
R51 M 4°Str	30.42%	2.03%	4.54%	24.67%	6.80%	31.53%
R52 M 4°Str	42.57%	16.32%	2.22%	20.05%	13.13%	5.71%
R53 M 2°Str	14.92%	20.15%	27.13%	26.48%	5.97%	5.34%
R54 M 2°Str	17.06%	39.12%	16.39%	19.75%	2.15%	5.53%
R55 M 2°Str	35.55%	8.55%	28.25%	11.15%	8.77%	7.73%
R56 M 3°Str	13.86%	22.34%	10.31%	46.44%	2.48%	4.56%
R57 M 3°Str	3.69%	1.55%	5.15%	12.48%	73.02%	4.10%
R58 M 3°Str	5.52%	5.21%	7.07%	28.83%	45.88%	7.50%
R59 M 4°Str	59.73%	9.02%	8.41%	22.8%		
R60 M 4°Str	72.88%	18.97%	3.60%	4.55%		
R61 M 4°Str	52.98%	9.56%	6.79%	22.50%	8.17%	
R62 M 2°Str	17.45%	30.21%	13.30%	30.07%	2.23%	6.74%
R63 M 2°Str	5.15%	4.12%	10.98%	4.48%	71.77%	3.50%
R64 M 2°Str	20.78%	22.21%	25.34%	24.52%	1.24%	5.92%

Muestra	Calcita	Cuarzo	Dolomita	Feldespatopotásico	Plagioclasas	Moscovita
R65 M 3° Str	21.12%	40.58%	3.90%	16.72%	5.26%	12.42%
R66 M 3° Str	12.83%	52.27%	8.87%	7.04%	8.53%	10.46%
R67 M 3° Str	12.07%	26.94%	1.03%	42.58%	6.45%	10.93%
R68 M 4° Str	28.98%	9.38%	2.14%	33.50%	19.94%	6.06%
R69 M 4° Str	27.67%	18.50%	2.52%	39.58%	4.50%	7.24%
R70 M 4° Str	53.47%	8.56%	2.66%	27.11%	2.56%	5.63%
R71 M 2° Str	17.10%	16.51%	18.48%	29.32%	9.88%	8.71%
R72 M 2° Str	13.59%	22.39%	13.71%	42.80%	2.06%	5.45%
R73 M 2° Str	18.13%	35.18%	34.17%	3.42%	1.29%	7.82%
R74 M 3° Str	9.20%	33.32%	5.05%	37.35%	9.72%	5.36%
R75 M 3° Str	6.58%	3.69%	6.90%	18.76%	64.07%	
R76 M 3° Str	16.89%	42.60%	3.25%	26.47%	3.90%	6.88%
R77 M 4° Str	38.68%	19.93%	2.75%	27.14%	11.49%	
R78 M 4° Str	31.46%	25.42%		37.83%	5.29%	
R79 M 4° Str	19.50%	33.17%		12.31%	26.26%	8.76%
CASTVLO TARDOANTIGUAS - TA						
Muestra	Calcita	Cuarzo	Dolomita	Feldespatopotásico	Plagioclasas	Moscovita
TA14 M 1° Str	22.91%	27.21%		4.52%	25.69%	19.67%
TA15 M 1° Str	8.51%	22.11%		56.48%	8.47%	4.45%
TA16 M 1° Str	19.91%	41%	12.49%	8.76%	3.76%	14.08%
CÓRDOBA ROMANAS - PIT						
Muestra	Calcita	Cuarzo	Dolomita	Feldespatopotásico	Plagioclasas	Moscovita
PIT7 M 1° Str	43.65%	30.36%	3.70%	10.17%	3.39%	8.72%
PIT8 M 1° Str	46.99%	35.75%	4.08%		1.31%	11.87%
PIT9 M 2° Str	21.48%	34.99%	4.66%	12.22%	1.92%	24.72%
PIT10 M 2° Str	48.50%	22.50%	9.80%	8.15%	2.57%	8.48%
PIT11 M 3° Str	57.60%	27.06%	2.59%			12.75%
CÓRDOBA EMIRALES - MIR						
Muestra	Calcita	Cuarzo	Dolomita	Feldespatopotásico	Plagioclasas	Moscovita
MIR7 M 1° Str	76.51%	3.85%	3.59%	3.66%		12.39%
MIR8 M 1° Str	61.88%	15.32%	8.57%	5.36%	1.90%	6.97%
MIR9 M 1° Str	43.37%	25.59%	3.52%	15.37%	0.97%	11.19%

CÓRDOBA CALIFALES - HRS

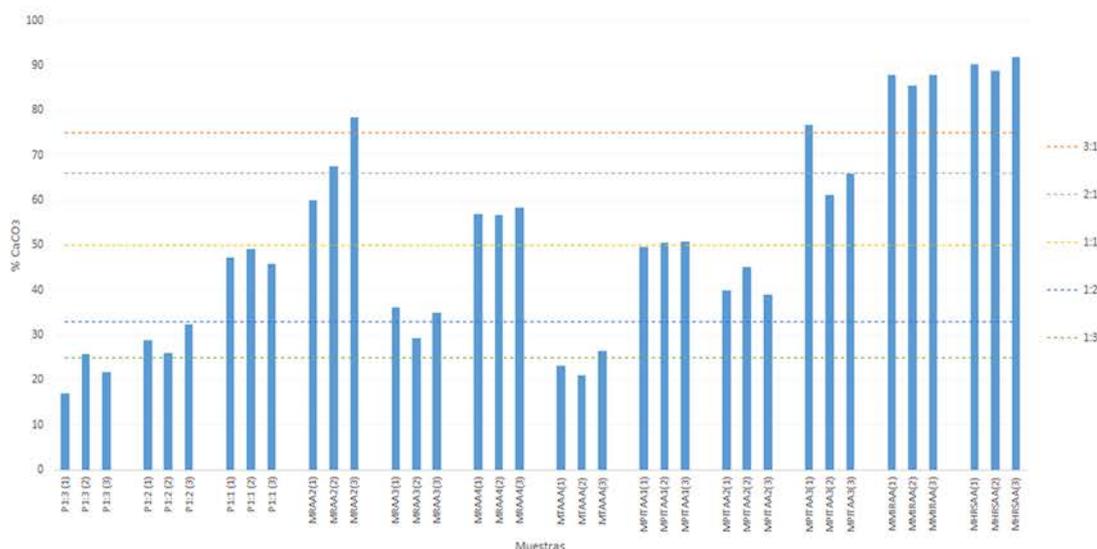
Muestra	Calcita	Cuarzo
HRS10 M 1° Str	93.88%	6.12%
HRS11 M 1° Str	93.63%	6.37%

ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

TIPO DE ANÁLISIS	Identificación de la relación aglomerante-árido
Fecha realización ensayo	Febrero de 2017
Laboratorio donde se realizó	Laboratorio de química analítica. Facultad de Ciencias. UGR.
Tipo de muestras	Morteros históricos y probetas de referencia
Preacondicionamiento	Molido de la muestra
Disolución utilizada	Disolución de ácido clorhídrico 3M en proporción 1:5
Desarrollo del ensayo	Pesado inicial de la muestra y ataque con el disolvente Disolución durante 30 minutos en un baño de arena Filtrado de la misma y enjuagado hasta obtener pH neutro Secado de los filtros en estufa a 105° durante 5 horas Pesado del resultado final

Muestras empleadas

P1:3 - Probeta de mortero realizada con la relación 1:3 de aglomerante-árido
 P1:2 - Probeta de mortero realizada con la relación 1:2 de aglomerante-árido
 P1:1 - Probeta de mortero realizada con la relación 1:1 de aglomerante-árido
 MRAA2 - Segundo estrato de mortero de los revestimientos romanos de *Castulo*
 MRAA3 - Tercer estrato de mortero de los revestimientos romanos de *Castulo*
 MRAA4 - Cuarto estrato de mortero de los revestimientos romanos de *Castulo*
 MTAAA - Estrato de mortero de los revestimientos tardoantiguos de *Castulo*
 MPITAA1 - Primer estrato de mortero de los revestimientos romanos de Córdoba
 MPITAA2 - Segundo estrato de mortero de los revestimientos romanos de Córdoba
 MPITAA3 - Tercer estrato de mortero de los revestimientos romanos de Córdoba
 MMIRAA - Estrato de mortero de los revestimientos emirales de Córdoba
 MHRSA - Estrato de mortero de los revestimientos califales de Córdoba

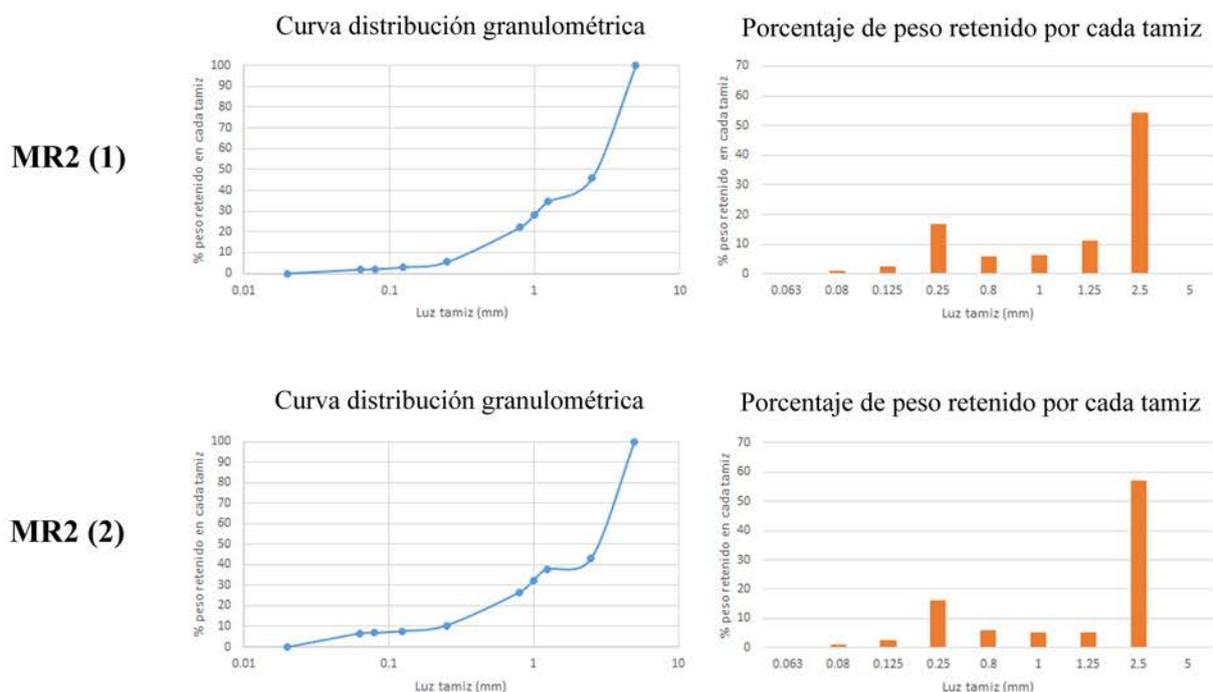


ANEXO 2 - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

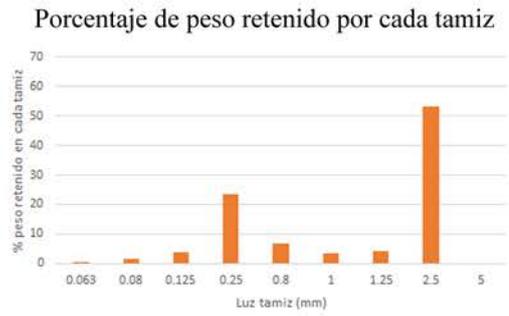
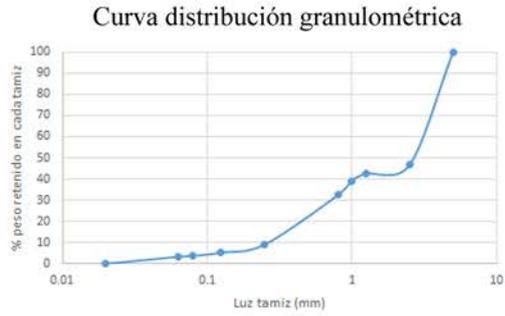
TIPO DE ANÁLISIS	Distribución granulométrica		
Fecha realización ensayo	Febrero de 2017	Norma seguida	UNE-EN 933-1
Laboratorio donde se realizó	Laboratorio de química analítica. Facultad de Ciencias. UGR.		
Tipo de muestras	Morteros históricos		
Preacondicionamiento	Molido de la muestra		
Luz de malla tamices	2.500, 1.250, 1.000, 0.800, 0.250, 0.125, 0.080, 0.063 mm		
Desarrollo del ensayo	Pesado inicial de la muestra y molido manual por vía seca Vertido de la muestra en una columna de tamices Agitado manual de la columna durante 2 min. aprox. Retirado de los tamices y pesado de la masa retenida en cada uno de ellos		

Muestras empleadas

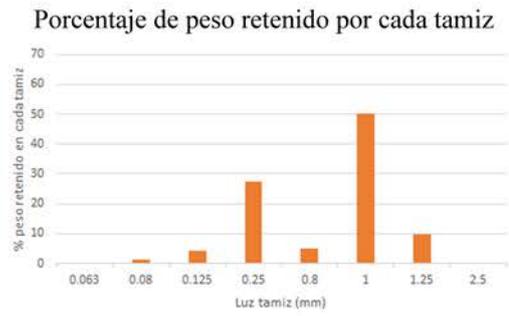
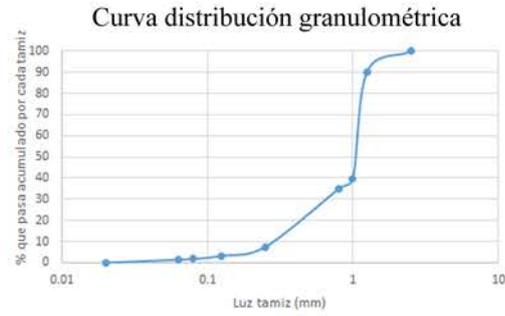
- MR2 - Segundo estrato de mortero de los revestimientos romanos de *Castulo*
- MR3 - Tercer estrato de mortero de los revestimientos romanos de *Castulo*
- MR4 - Cuarto estrato de mortero de los revestimientos romanos de *Castulo*
- MTA - Estrato de mortero de los revestimientos tardoantiguos de *Castulo*
- MPIT1 - Primer estrato de mortero de los revestimientos romanos de Córdoba
- MPIT2 - Segundo estrato de mortero de los revestimientos romanos de Córdoba
- MPIT3 - Tercer estrato de mortero de los revestimientos romanos de Córdoba
- MMIR - Estrato de mortero de los revestimientos emirales de Córdoba
- MHRS - Estrato de mortero de los revestimientos califales de Córdoba



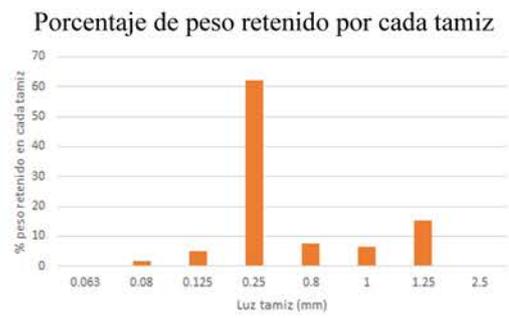
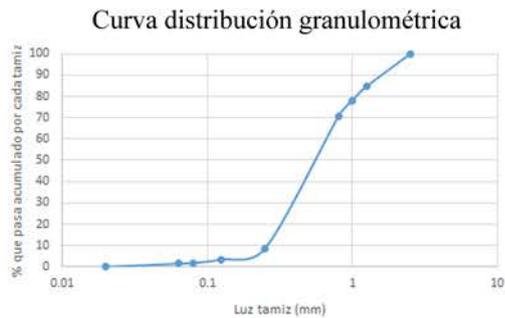
MR2 (3)



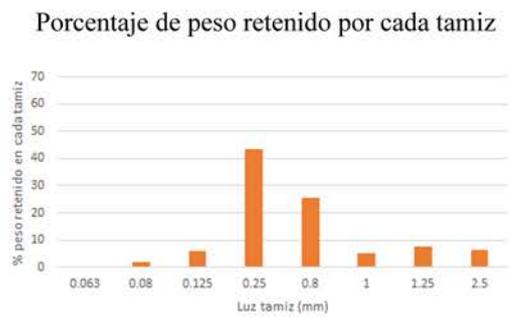
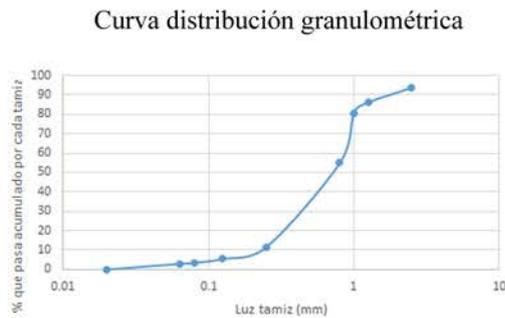
MR3 (1)



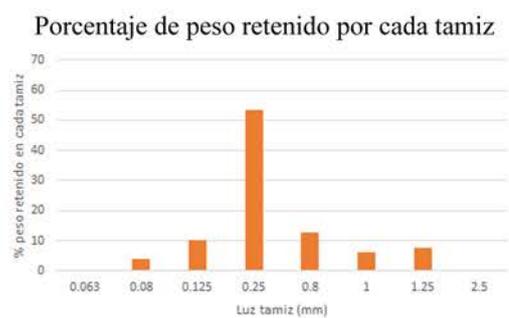
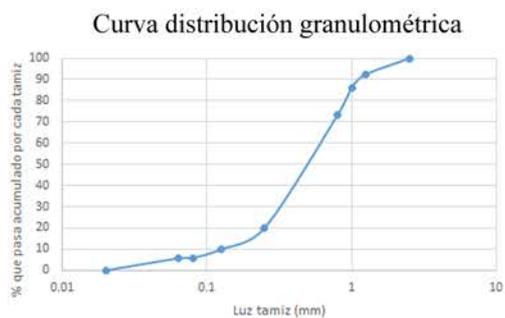
MR3 (2)



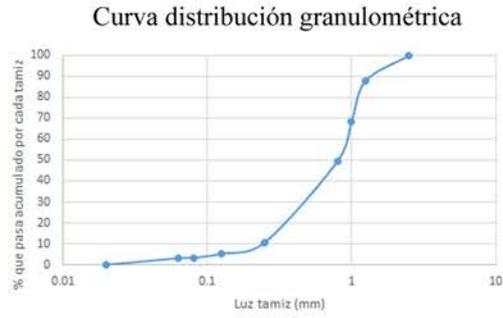
MR3 (3)



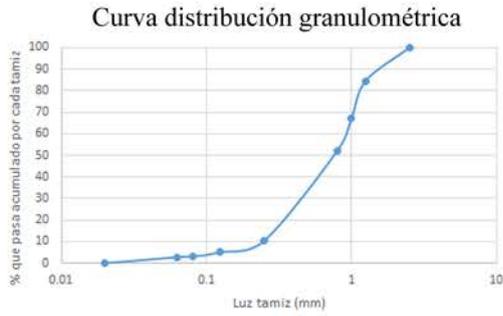
MR4 (1)



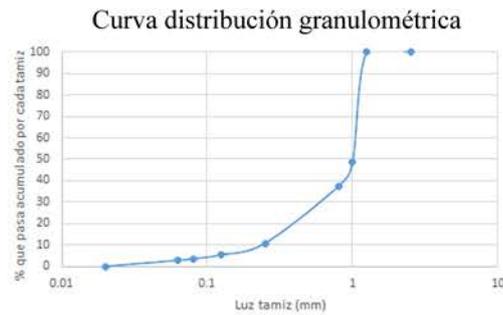
MR4 (2)



MR4 (3)



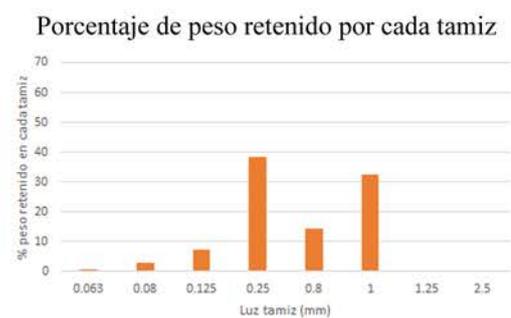
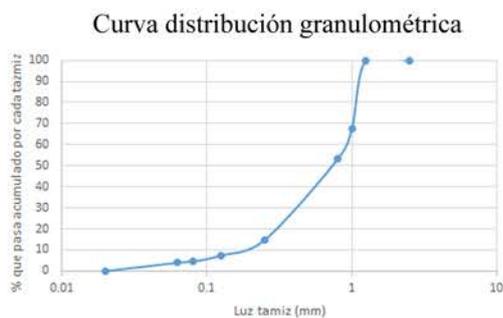
MTA (1)



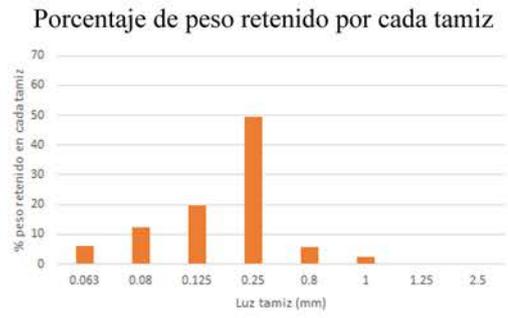
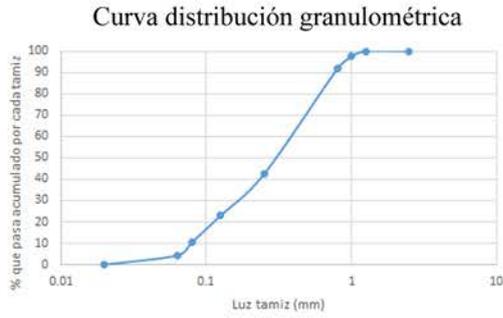
MTA (2)



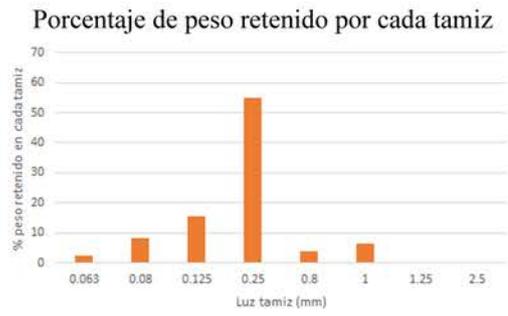
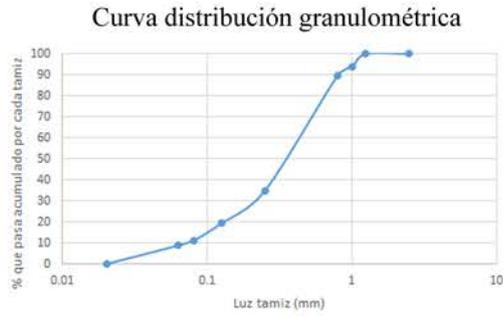
MTA (3)



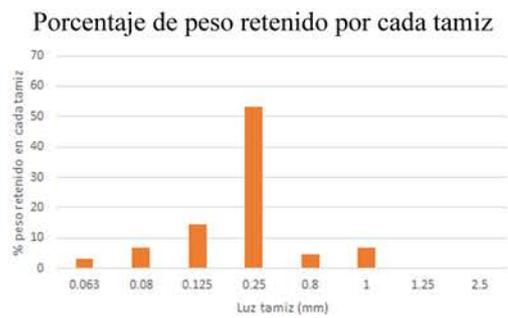
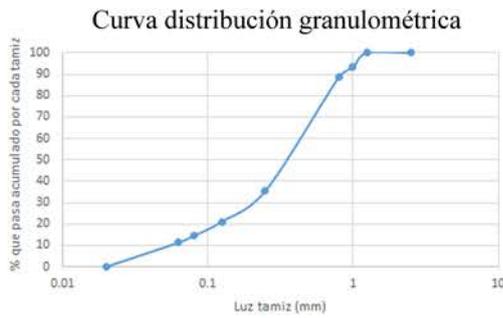
MPIT1 (1)



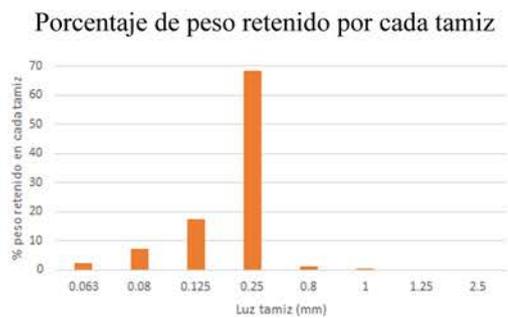
MPIT1 (2)



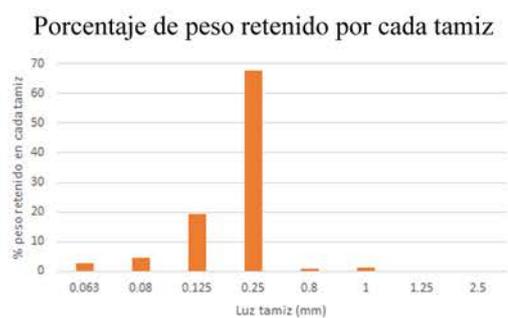
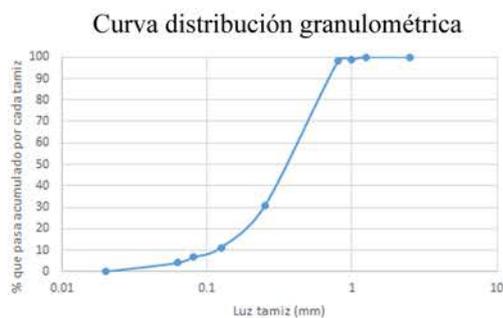
MPIT1 (3)



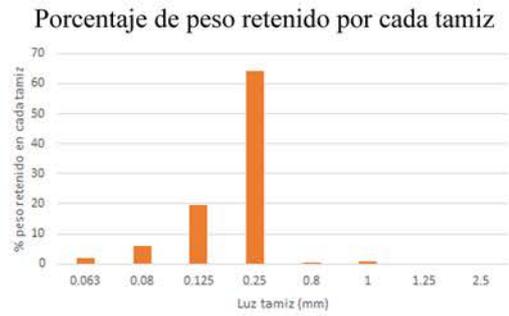
MPIT2 (1)



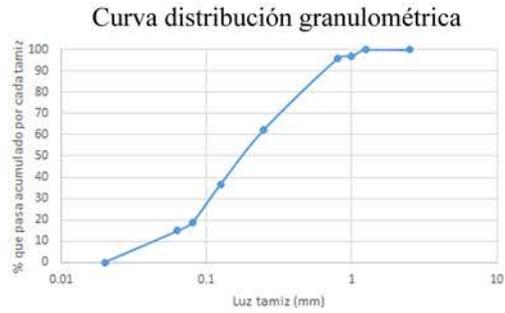
MPIT2 (2)



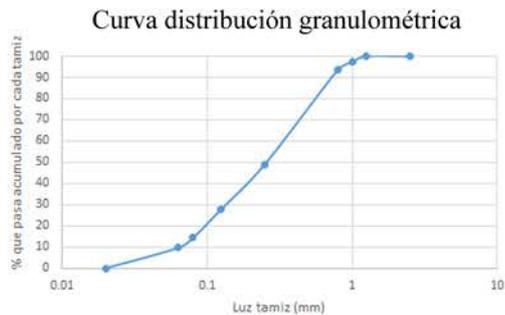
MPIT2 (3)



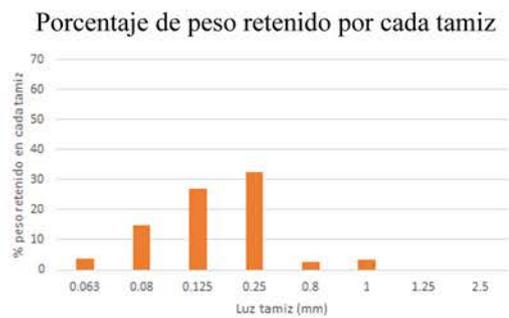
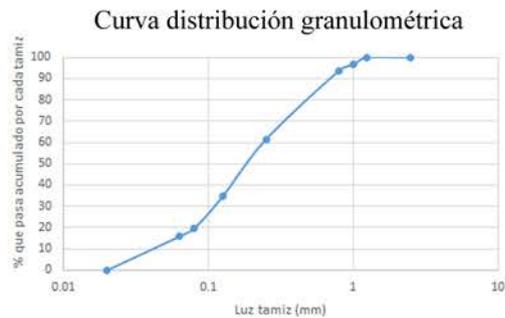
MPIT3 (1)



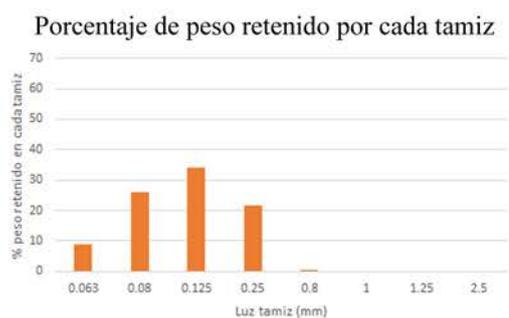
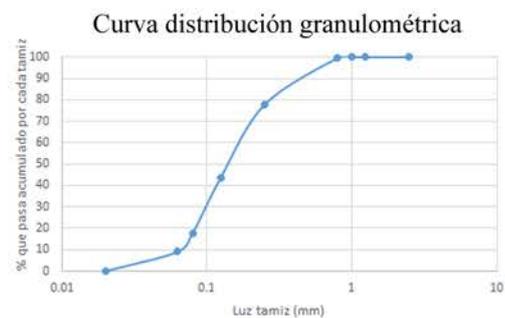
MPIT3 (2)



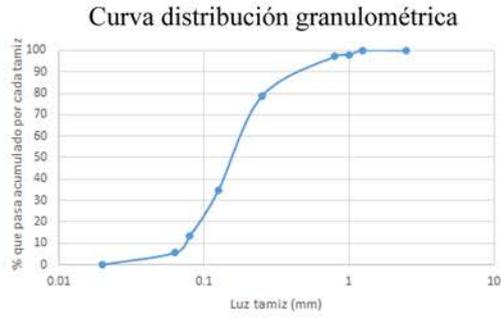
MPIT3 (3)



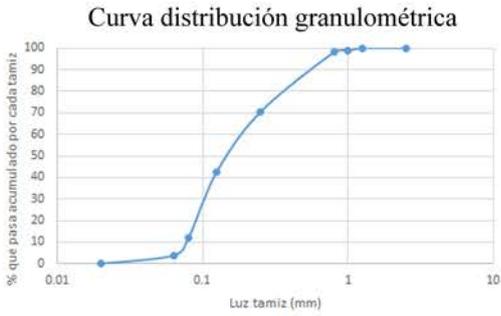
MMIR (1)



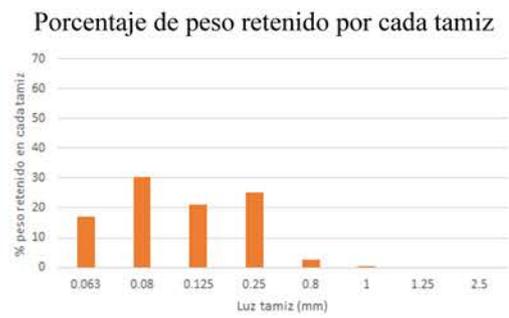
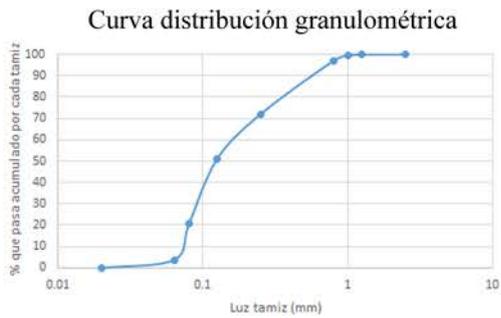
MMIR (2)



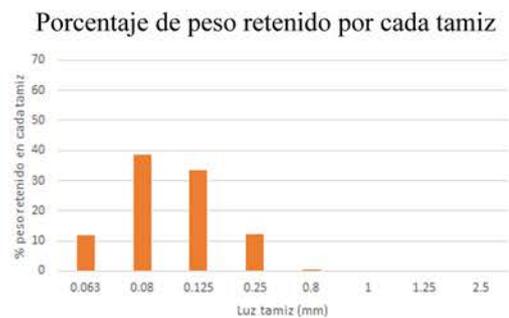
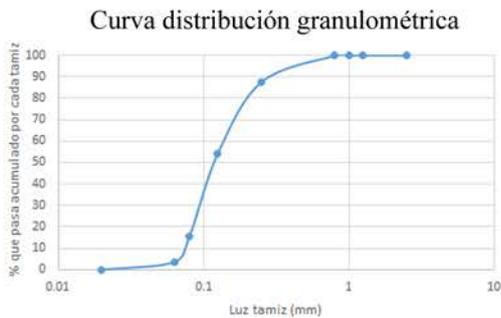
MMIR (3)



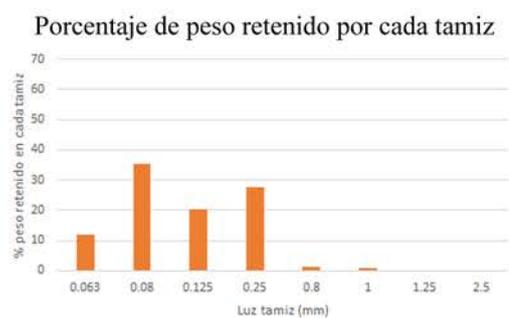
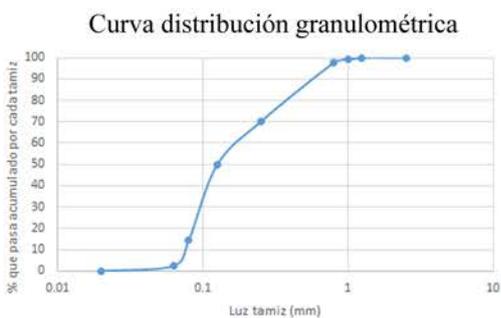
MHRS (1)

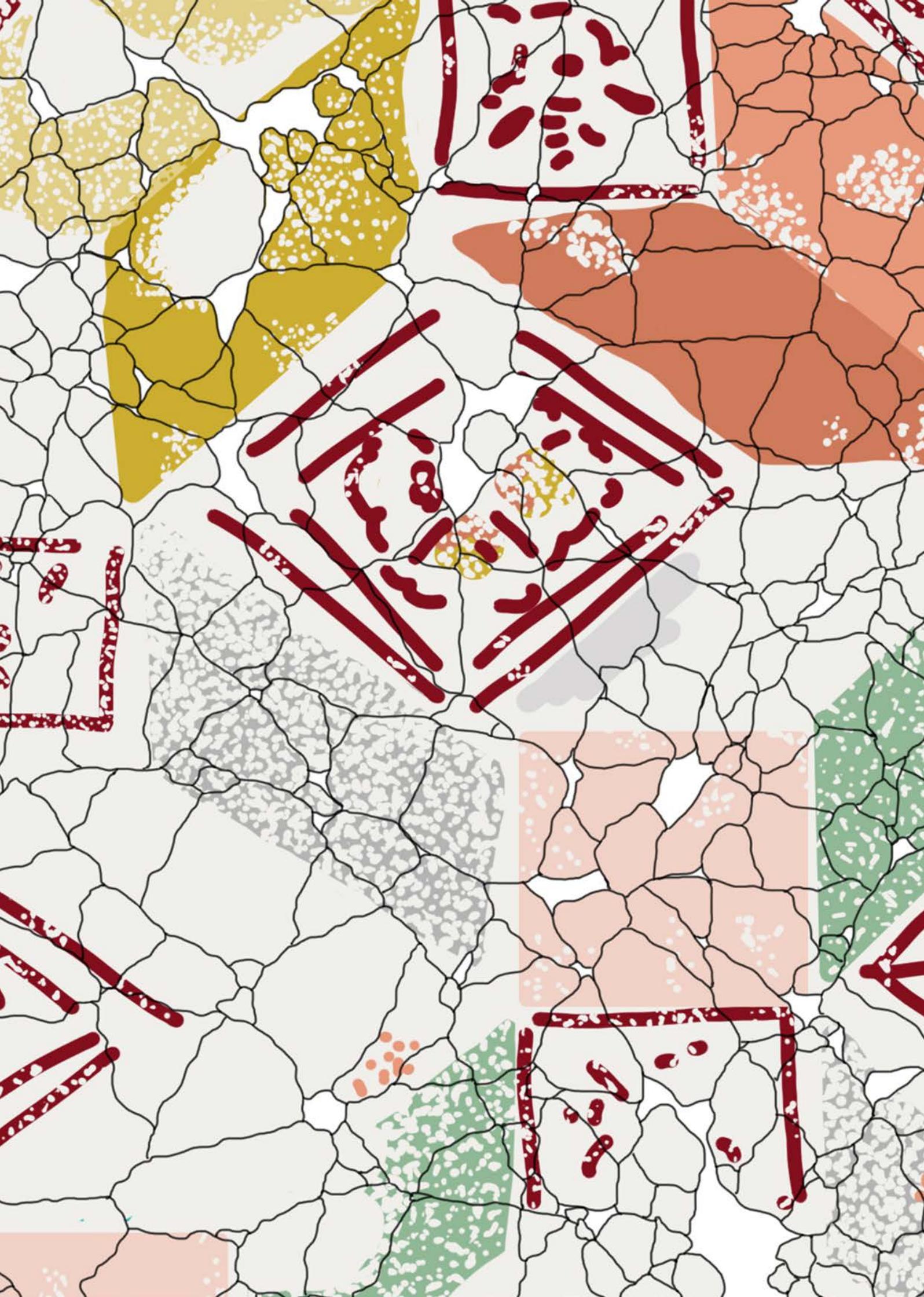


MHRS (2)



MHRS (3)







ANEXO 3

**EVALUACIÓN DE LOS
TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA**



Detalle de un calco digital realizado a la decoración existente de uno de los revestimientos de época tardoantigua del Conjunto Arqueológico de Cástulo.



ANEXO 3 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

FRAGMENTO

Fragmento 01

TRATAMIENTO

Papeta AB57

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Estado inicial



Limpieza mecánica



Limpieza química

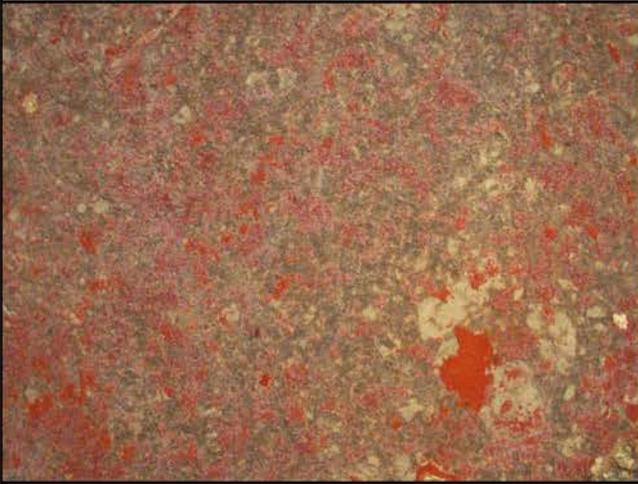


Localización de los análisis realizados



CUANTIFICACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LAS CONCRECIONES

Microscopio estereoscópico
Limpieza mecánica

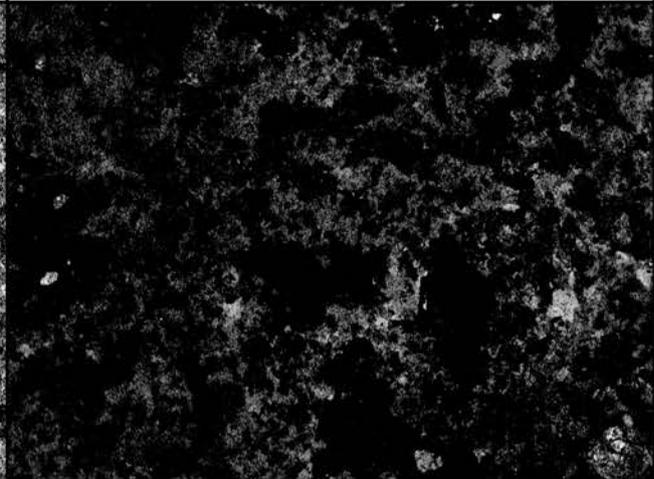
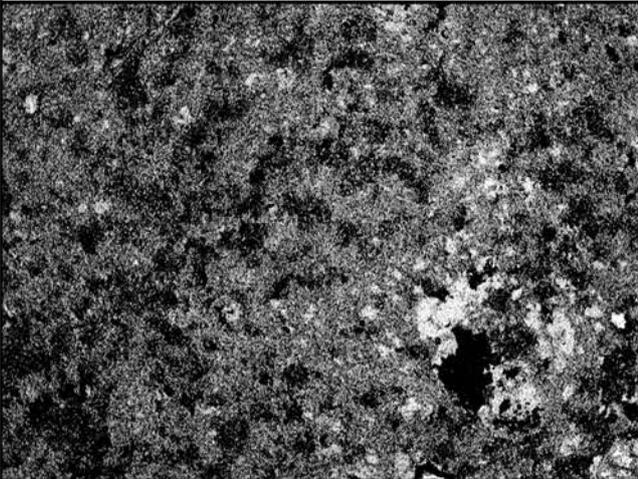


Microscopio estereoscópico
Limpieza química

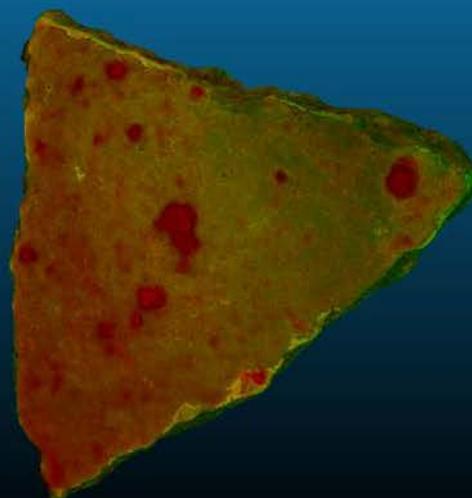


Imágen tratada - limpieza mecánica
Superficie pictórica limpia: 27.25 %

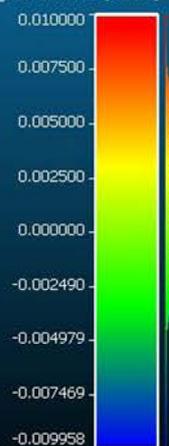
Imágen tratada - limpieza química
Superficie pictórica limpia: 78.55 %



CUANTIFICACIÓN DEL ESPESOR DE LA CONCRECIÓN ELIMINADA



C2M signed distances[<0.01]



7.5

ANEXO 3 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

FRAGMENTO

Fragmento 02

TRATAMIENTO

Ácido cítrico + Arbocel BC 1000

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Estado inicial



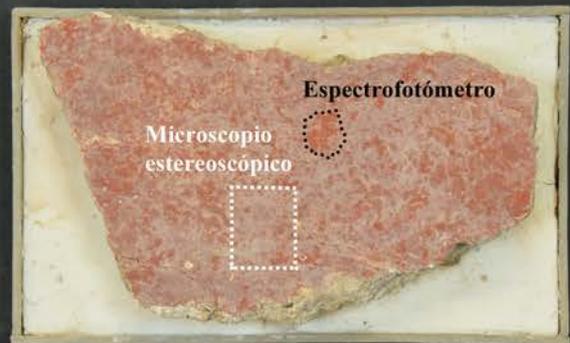
Limpieza mecánica



Limpieza química



Localización de los análisis realizados

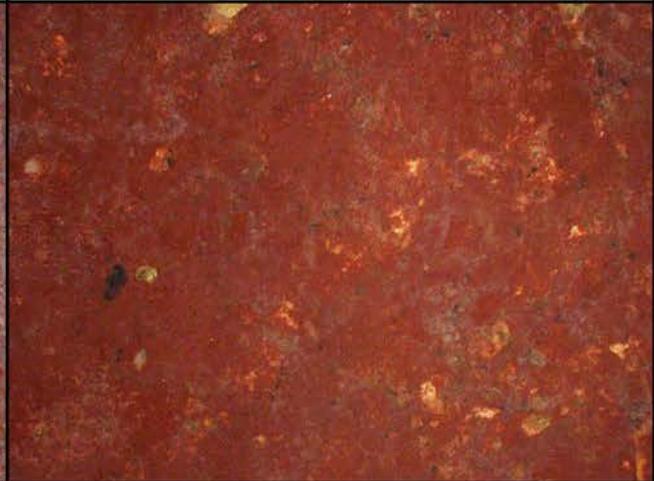


CUANTIFICACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LAS CONCRECIONES

Microscopio estereoscópico
Limpieza mecánica

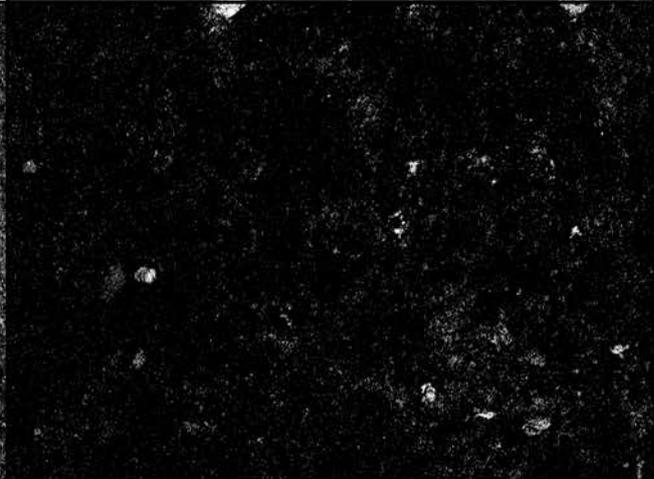
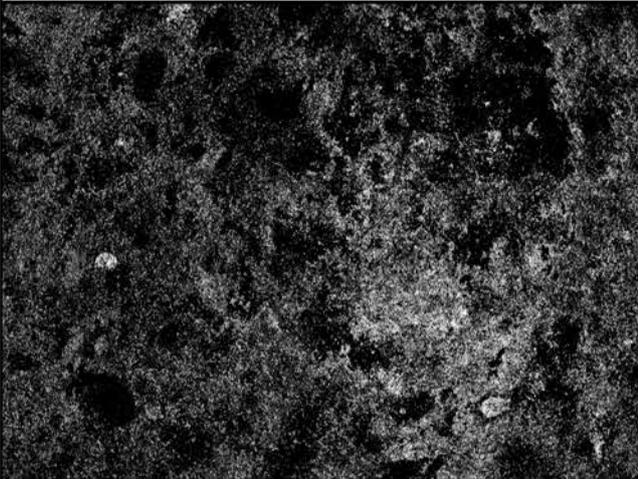


Microscopio estereoscópico
Limpieza química

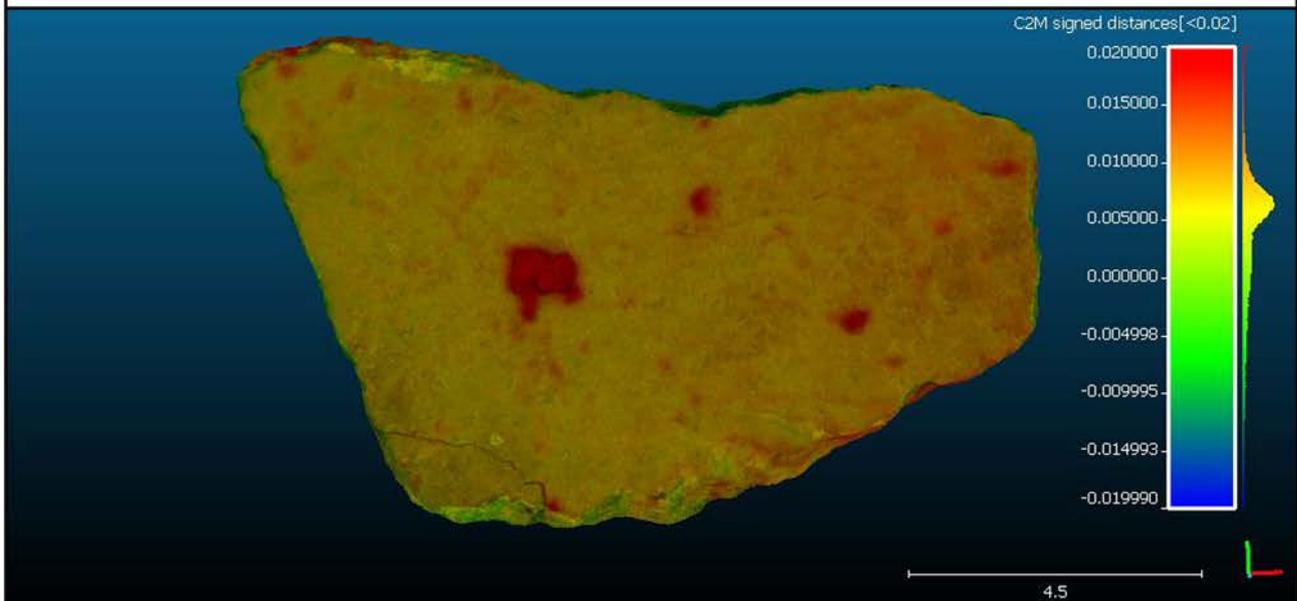


Imágen tratada - limpieza mecánica
Superficie pictórica limpia: 48.22 %

Imágen tratada - limpieza química
Superficie pictórica limpia: 94.68 %



CUANTIFICACIÓN DEL ESPESOR DE LA CONCRECIÓN ELIMINADA



ANEXO 3 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

FRAGMENTO

Fragmento 03

TRATAMIENTO

Ácido cítrico + Gellano Kelkogel

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Estado inicial



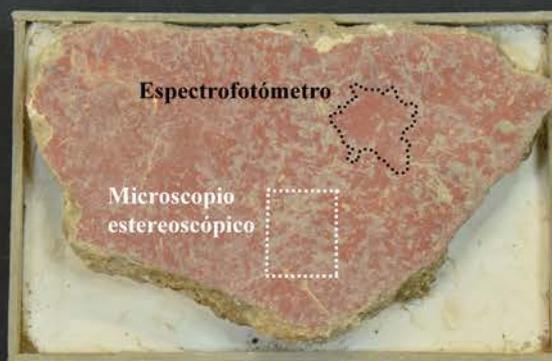
Limpieza mecánica



Limpieza química



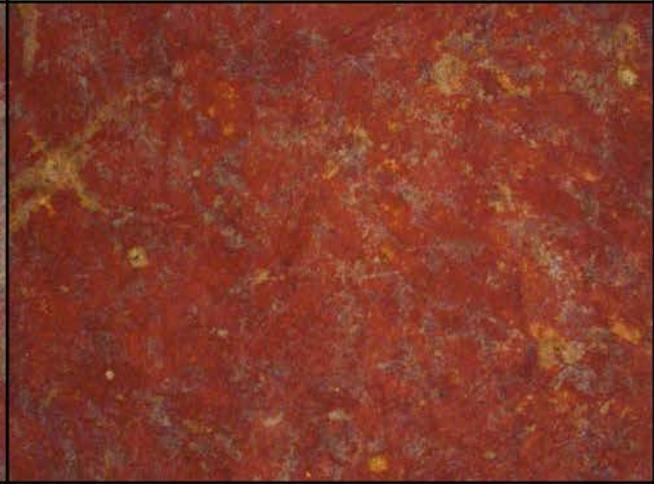
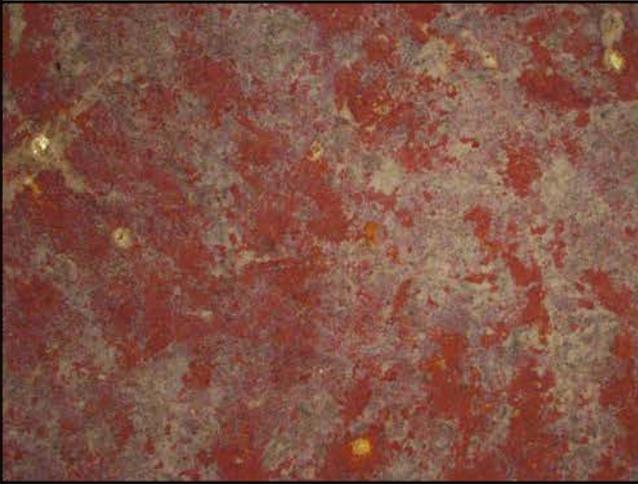
Localización de los análisis realizados



CUANTIFICACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LAS CONCRECIONES

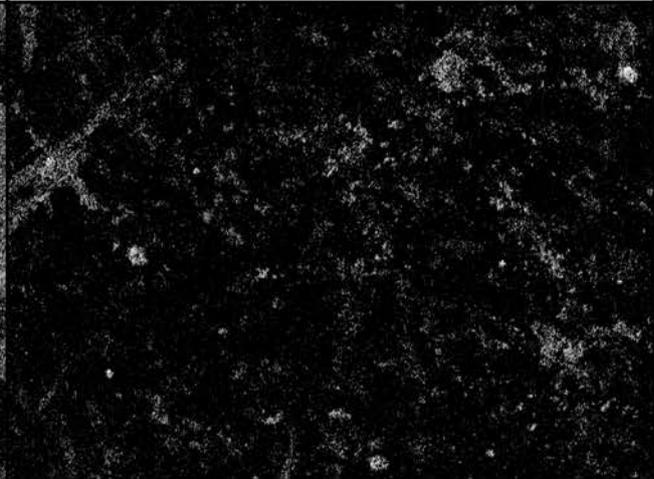
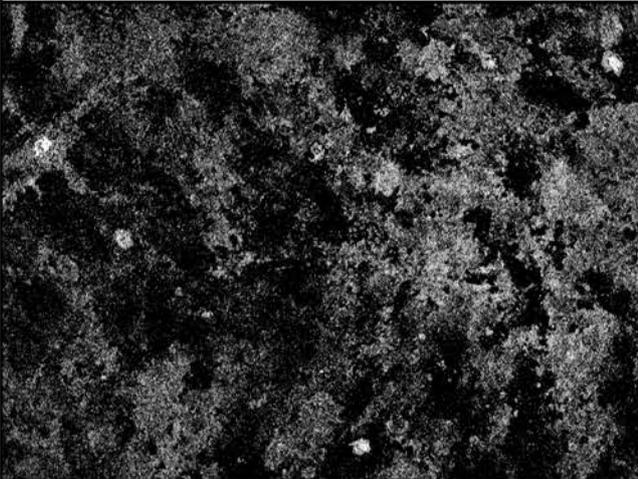
Microscopio estereoscópico
Limpieza mecánica

Microscopio estereoscópico
Limpieza química

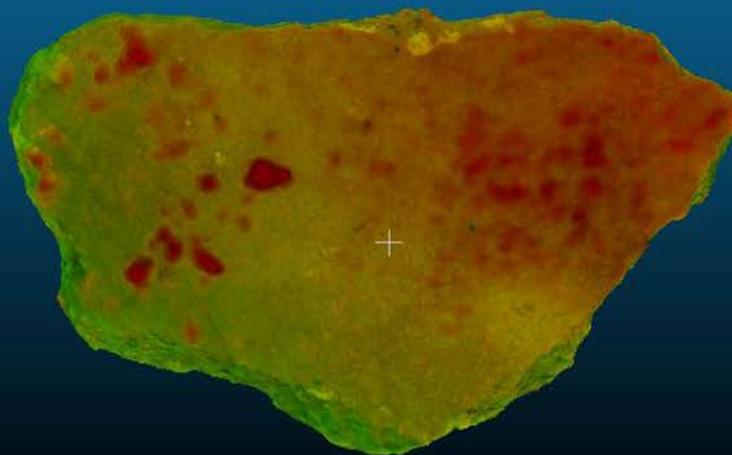


Imágen tratada - limpieza mecánica
Superficie pictórica limpia: 51.20 %

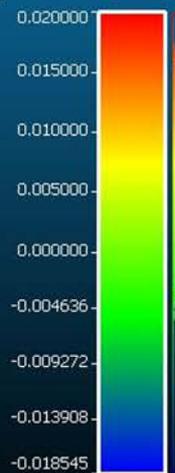
Imágen tratada - limpieza química
Superficie pictórica limpia: 90.61 %



CUANTIFICACIÓN DEL ESPESOR DE LA CONCRECIÓN ELIMINADA



C2M signed distances[<0.02]



5

ANEXO 3 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

FRAGMENTO

Fragmento 04

TRATAMIENTO

EDTA + Arbocel BC 1000

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Estado inicial



Limpieza mecánica



Limpieza química

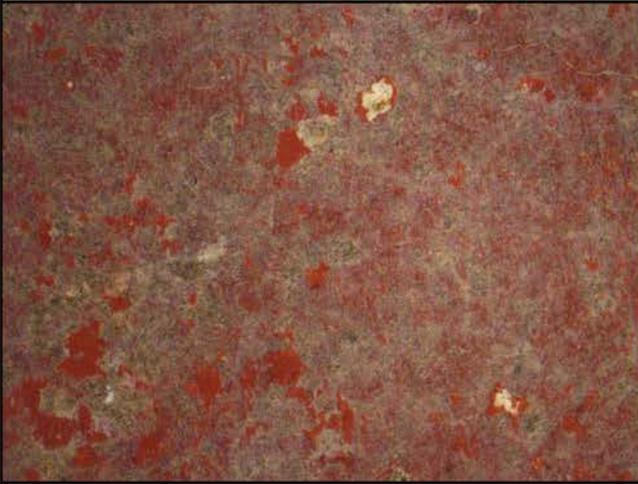


Localización de los análisis realizados



CUANTIFICACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LAS CONCRECIONES

Microscopio estereoscópico
Limpieza mecánica

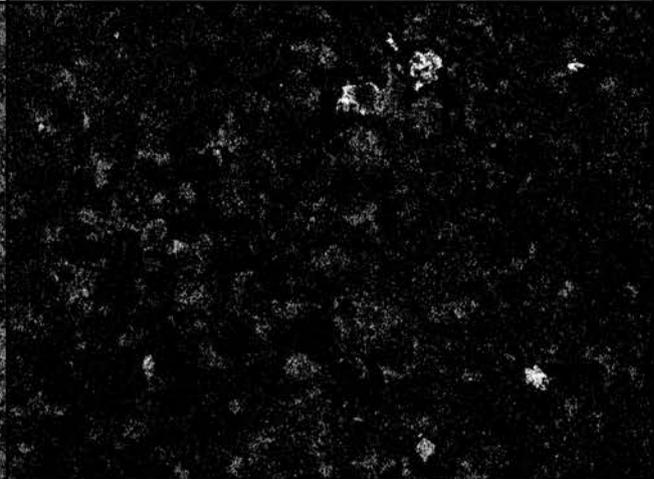


Microscopio estereoscópico
Limpieza química

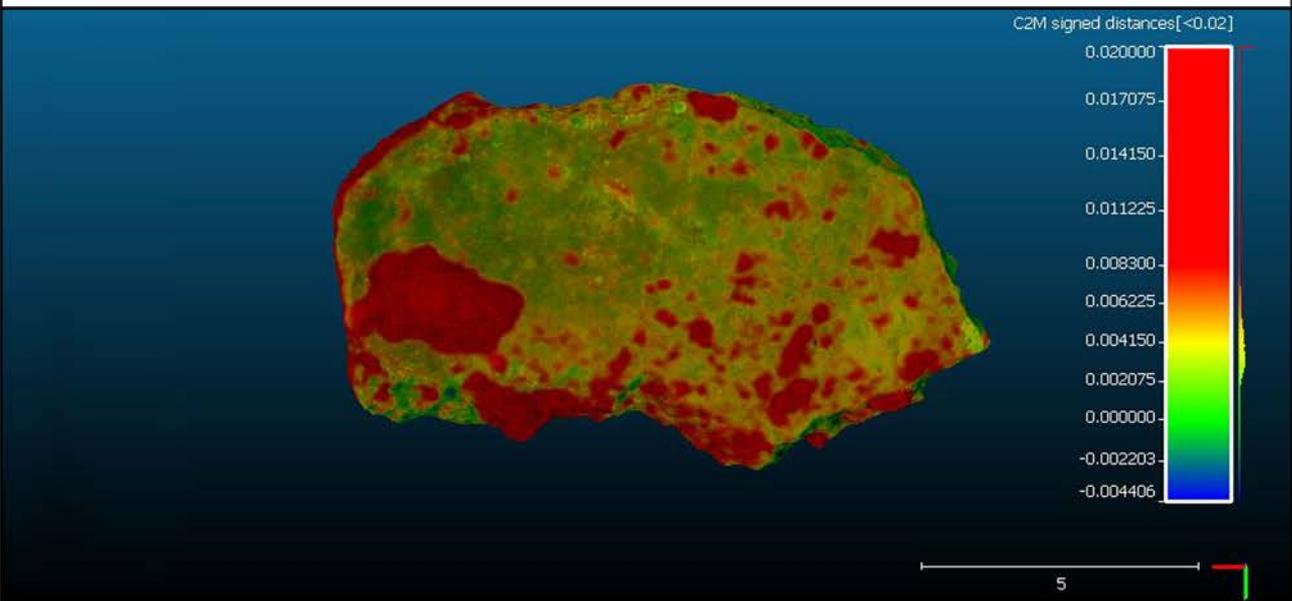


Imágen tratada - limpieza mecánica
Superficie pictórica limpia: 45.38 %

Imágen tratada - limpieza química
Superficie pictórica limpia: 93.09 %



CUANTIFICACIÓN DEL ESPESOR DE LA CONCRECIÓN ELIMINADA



ANEXO 3 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

FRAGMENTO

Fragmento 05

TRATAMIENTO

EDTA + Gellano Kelkogel

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Estado inicial



Limpieza mecánica



Limpieza química



Localización de los análisis realizados



CUANTIFICACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LAS CONCRECIONES

Microscopio estereoscópico
Limpieza mecánica

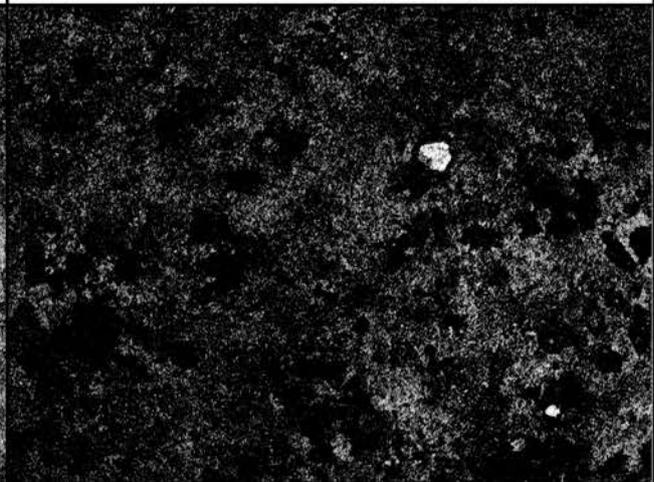
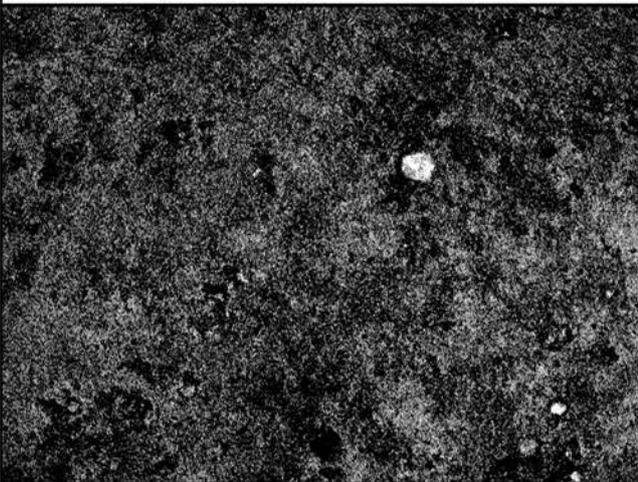


Microscopio estereoscópico
Limpieza química

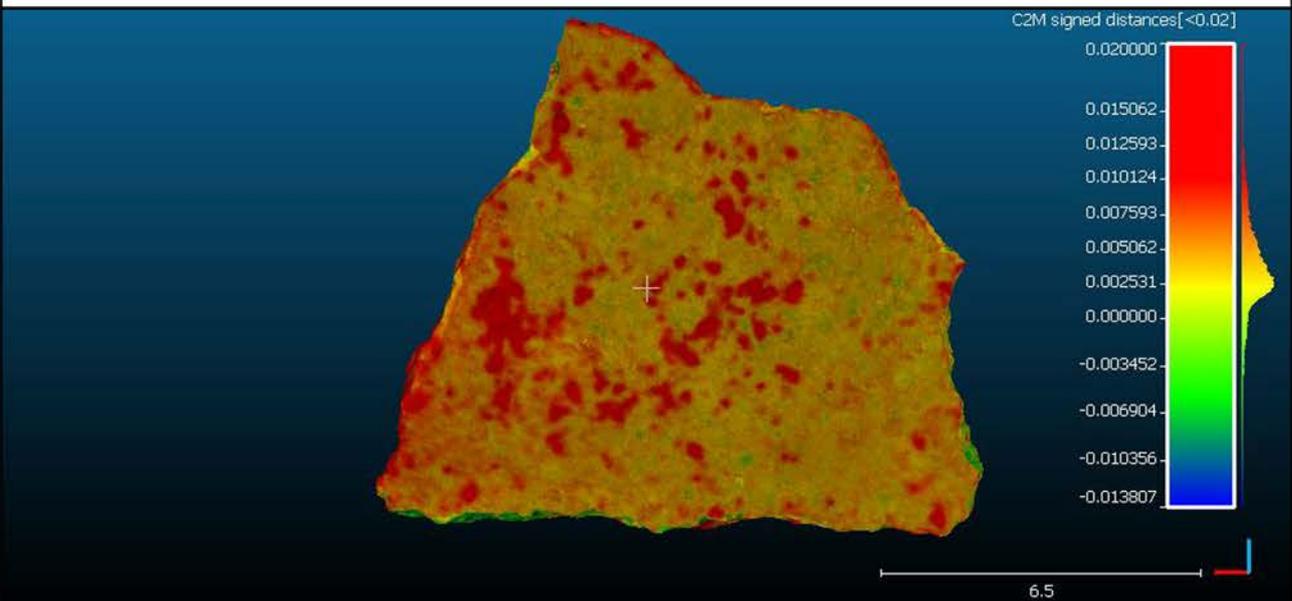


Imágen tratada - limpieza mecánica
Superficie pictórica limpia: 41.26 %

Imágen tratada - limpieza química
Superficie pictórica limpia: 77.78 %



CUANTIFICACIÓN DEL ESPESOR DE LA CONCRECIÓN ELIMINADA



ANEXO 3 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

FRAGMENTO

Fragmento 06

TRATAMIENTO

Sustancia tampón + Arbocel BC 1000

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Estado inicial



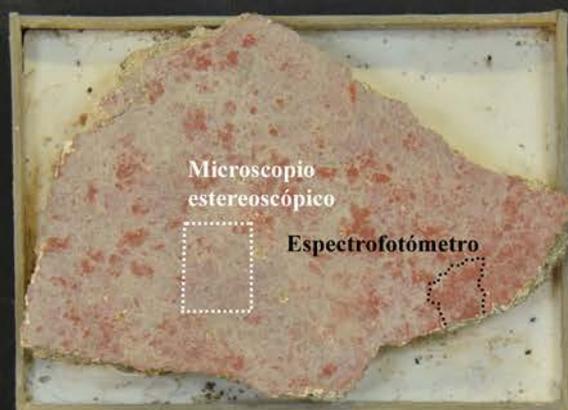
Limpieza mecánica



Limpieza química



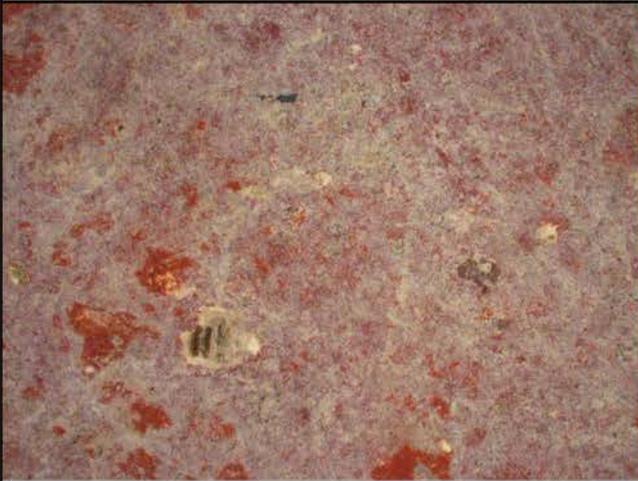
Localización de los análisis realizados



CUANTIFICACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LAS CONCRECIONES

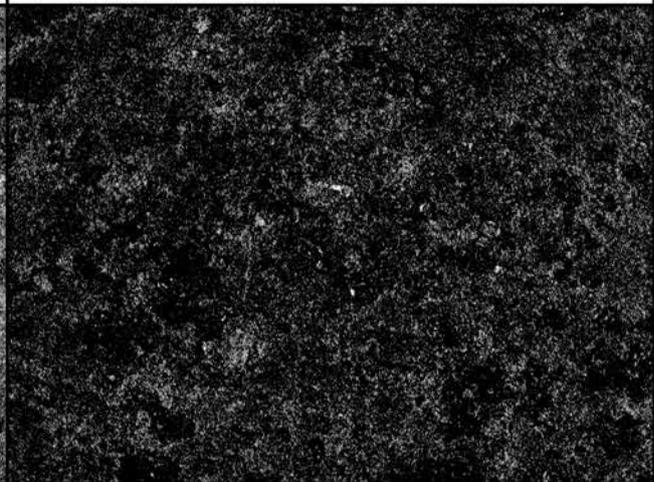
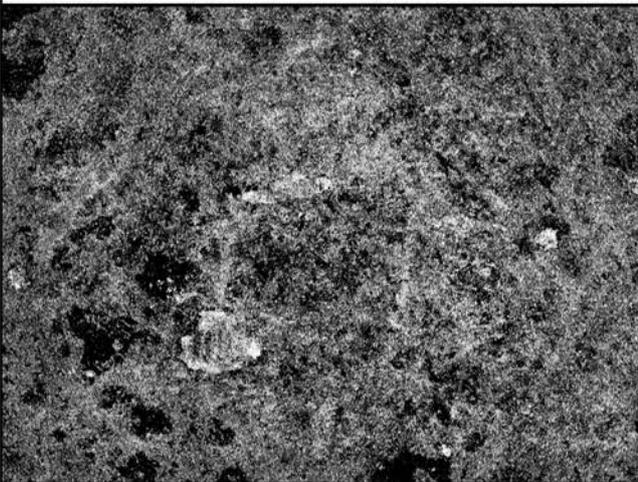
Microscopio estereoscópico
Limpieza mecánica

Microscopio estereoscópico
Limpieza química

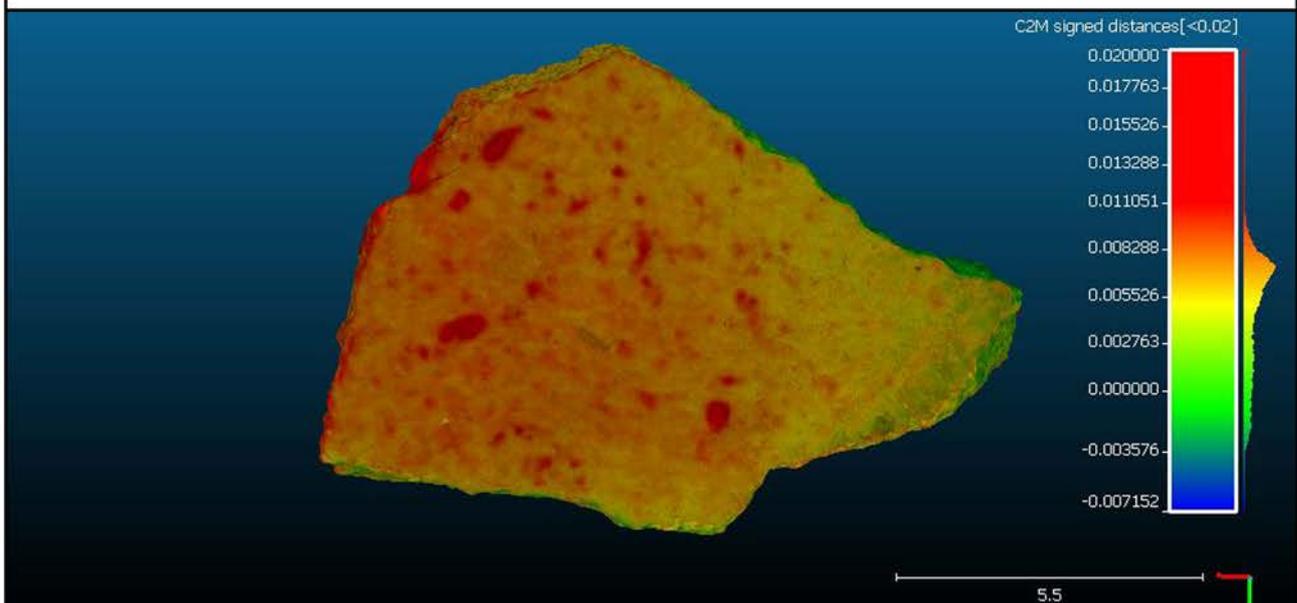


Imágen tratada - limpieza mecánica
Superficie pictórica limpia: 13.72 %

Imágen tratada - limpieza química
Superficie pictórica limpia: 69.86 %



CUANTIFICACIÓN DEL ESPESOR DE LA CONCRECIÓN ELIMINADA



ANEXO 3 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

FRAGMENTO

Fragmento 07

TRATAMIENTO

Sustancia tampón + Gellano Kelkogel

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Estado inicial



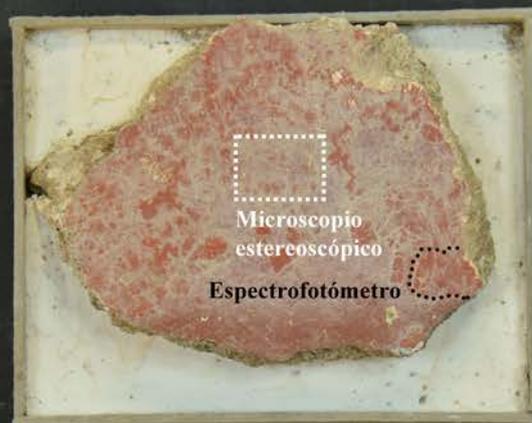
Limpieza mecánica



Limpieza química



Localización de los análisis realizados

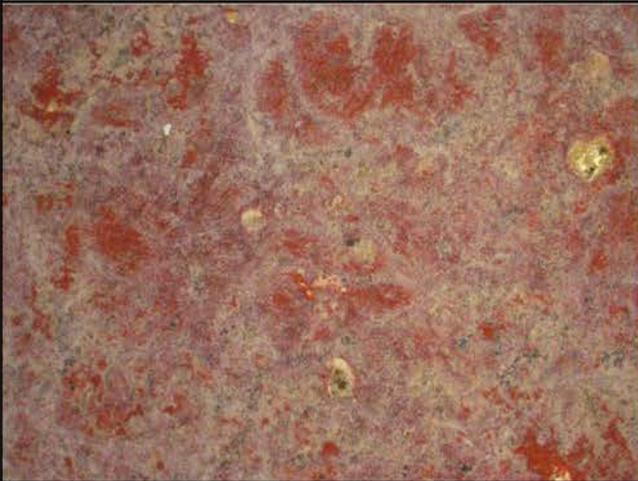


Microscopio
estereoscópico
Espectrofotómetro



CUANTIFICACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LAS CONCRECIONES

Microscopio estereoscópico
Limpieza mecánica

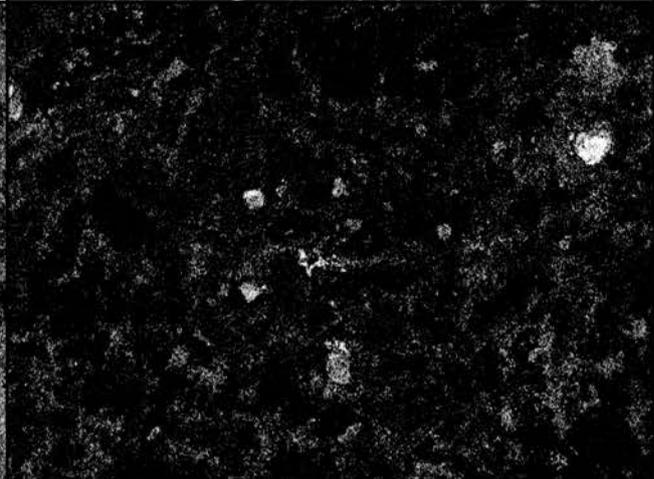
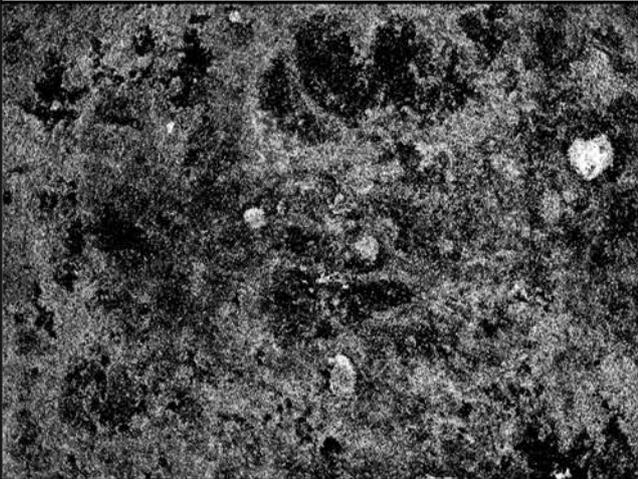


Microscopio estereoscópico
Limpieza química

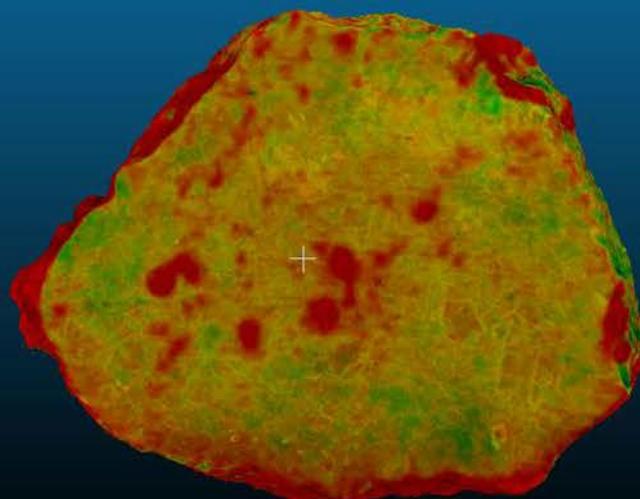


Imágen tratada - limpieza mecánica
Superficie pictórica limpia: 25.45 %

Imágen tratada - limpieza química
Superficie pictórica limpia: 88.39 %



CUANTIFICACIÓN DEL ESPESOR DE LA CONCRECIÓN ELIMINADA



C2M signed distances[<0.02]

0.020000
0.017062
0.014124
0.011186
0.008248
0.004124
0.000000
-0.002197
-0.004394
-0.008788

4.5

ANEXO 3 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE COLOR DE LA CAPA PICTÓRICA

Normas seguidas	ISO 11664-4:2008 CIE S 014-4/E:2007 CIE 15:2004 ISO 11664-2:2007 ISO 11664-1:2007	Nomenclatura
		I: Arbocel BC1000
		G: Gellano Kelkogel
		AB57: Papeta AB57
Medidas realizadas	Cuatro medidas por fragmento. Medida inicial en cata de limpieza antes de aplicación del tratamiento químico. Medida final en cata de limpieza después de aplicación del tratamiento químico.	AC: Ácido cítrico
		EDTA: EDTA Na ₄
		ST: Sustancia tampón

		Antes del tratamiento	Después del tratamiento
MCDM	AVG	0.4	1.0
	SD	0.9	0.2

FRAGMENTO 01 - AB57		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	52.4	19.1	18.0	26.2	43.5
	SD	1.6	2.3	1.4	2.6	1.2
Después del tratamiento	AVG	43.7	26.0	22.7	34.6	41.1
	SD	0.5	0.8	0.4	0.8	0.4
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	12.1	-8.7	8.4	-1.2	
	SD	0.9	0.5	0.8	0.2	

FRAGMENTO 02 - AC+I		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	53.4	22.0	22.2	31.3	45.3
	SD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Después del tratamiento	AVG	47.0	23.0	22.3	32.0	44.1
	SD	0.8	0.3	0.8	0.8	0.7
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	6.5	-6.4	0.8	-0.7	
	SD	0.7	0.8	0.8	0.4	

FRAGMENTO 03 - AC+G		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	54.4	15.3	15.5	21.8	45.2
	SD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Después del tratamiento	AVG	50.2	21.6	20.9	30.0	44.1
	SD	0.3	1.6	1.0	1.8	0.9
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	9.3	-4.2	8.2	-0.5	
	SD	1.5	0.3	1.8	0.4	

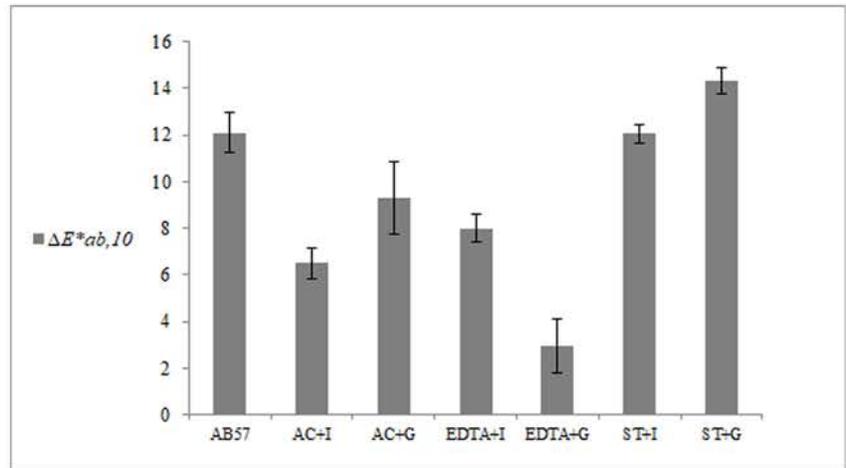
FRAGMENTO 04 - EDTA+I		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	54.1	22.5	21.1	30.9	43.1
	SD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Después del tratamiento	AVG	47.8	26.3	24.1	35.7	42.4
	SD	1.0	0.1	0.5	0.4	0.6
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	8.0	-6.4	4.8	-0.4	
	SD	0.6	1.0	0.4	0.3	

FRAGMENTO 05 - EDTA+G		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	50.7	24.6	23.4	34.0	43.6
	SD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Después del tratamiento	AVG	48.1	25.3	24.6	35.3	44.2
	SD	1.1	0.9	0.3	0.8	0.8
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	3.0	-2.6	1.3	0.3	
	SD	1.2	1.1	0.8	0.4	

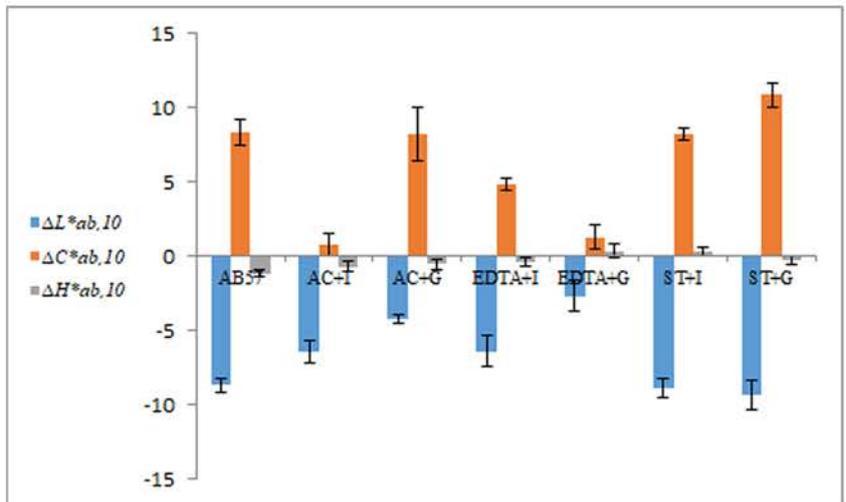
FRAGMENTO 06 - ST+I		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	56.4	16.8	15.3	22.8	42.3
	SD	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
Después del tratamiento	AVG	47.5	22.6	21.1	31.0	43.0
	SD	0.7	0.2	0.4	0.4	0.5
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	12.0	-8.8	8.2	0.3	
	SD	0.4	0.7	0.4	0.2	

FRAGMENTO 07 - ST+G		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	56.2	15.8	14.5	21.5	42.6
	SD	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
Después del tratamiento	AVG	46.8	24.0	21.6	32.3	42.0
	SD	1.0	0.5	0.8	0.9	0.7
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	14.3	-9.3	10.8	-0.3	
	SD	0.6	1.0	0.9	0.3	

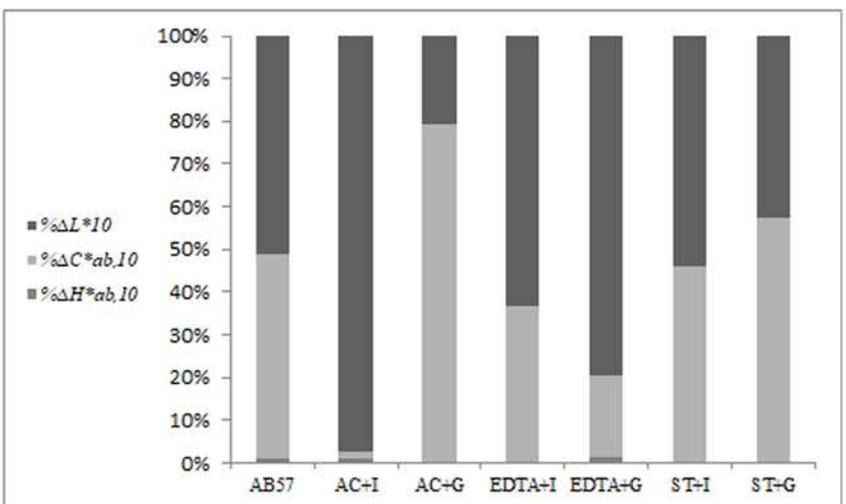
Valores promedio y desviación estándar (barras de error) de las diferencias de color CIELAB de las muestras antes y después de la aplicación de los tratamientos.



Valores promedio y desviación estándar (barras de error) de las diferencias de claridad, croma y tono CIELAB de las muestras antes y después de la aplicación de los tratamientos.



Porcentajes de contribución de las diferencias de claridad, croma y tono CIELAB a la diferencia de color total entre los fragmentos antes y después de la aplicación de los tratamientos.







ANEXO 4

EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN



Detalle de un calco digital realizado a la decoración de uno de los interpaneles de la Sala del Mosaico de los Amores de *Castulo*.



ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

SERIE *Castulo - época romana*

ANTES DE LA CONSOLIDACIÓN

DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN



CR1 - Carbonatogénesis bacteriana



CR2 - Carbonatogénesis bacteriana + *impacco*



CR3 - Paraloid B72

ANTES DE LA CONSOLIDACIÓN

DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN



CR4 - Estel 1000



CR5 - Nano estel



CR6 - Nanorestore



CR7 - Testigo

ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

SERIE *Castulo* - época tardoantigua

ANTES DE LA CONSOLIDACIÓN

DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN



TA1 - Carbonatogénesis bacteriana



TA2 - Carbonatogénesis bacteriana + *impacco*



TA3 - Paraloid B72

ANTES DE LA CONSOLIDACIÓN

DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN



TA4 - Estel 1000



TA5 - Nano estel



TA6 - Nanorestore



TA7 - Testigo

ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

SERIE Córdoba - Parque Infantil de Tráfico - época romana

ANTES DE LA CONSOLIDACIÓN

DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN



PIT1 - Carbonatogénesis bacteriana



PIT2 - Carbonatogénesis bacteriana + *impacco*



PIT3 - Paraloid B72

ANTES DE LA CONSOLIDACIÓN



DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN



PIT4 - Estel 1000



PIT5 - Nano estel



PIT6 - Nanorestore



PIT7 - Testigo

ANEXO X - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

SERIE Córdoba - Miraflores - época emiral

ANTES DE LA CONSOLIDACIÓN

DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN



MIR1 - Carbonatogénesis bacteriana



MIR2 - Carbonatogénesis bacteriana + *impacco*



MIR3 - Paraloid B72

ANTES DE LA CONSOLIDACIÓN

DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN



MIR4- Estel 1000



MIR5 - Nano estel



MIR6 - Nanorestore



MIR7 - Testigo

ANEXO X - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

SERIE Córdoba - Hospital Reina Sofía - época califal

ANTES DE LA CONSOLIDACIÓN

DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN



HRS1 - Carbonatogénesis bacteriana



HRS2 - Carbonatogénesis bacteriana + *impacco*



HRS3 - Paraloid B72

ANTES DE LA CONSOLIDACIÓN

DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN



HRS4- Estel 1000



HRS5 - Nano estel



HRS6 - Nanorestore

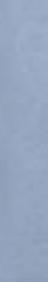
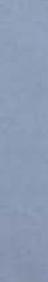


HRS7 - Testigo

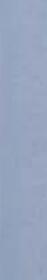
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

PRUEBAS DE SOLUBILIDAD

CASTVLO ROMANAS - CR

Carbon. (1)	Carbon. + <i>impacco</i> (2)	Paraloid B72 (3)	Estel 1000 (4)	Nano estel (5)	Nanorestore (6)	Testigo (7)
						

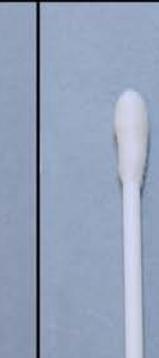
CASTVLO TARDOANTIGUAS - TA

Carbon. (1)	Carbon. + <i>impacco</i> (2)	Paraloid B72 (3)	Estel 1000 (4)	Nano estel (5)	Nanorestore (6)	Testigo (7)
						

CÓRDOBA ROMANAS - PIT

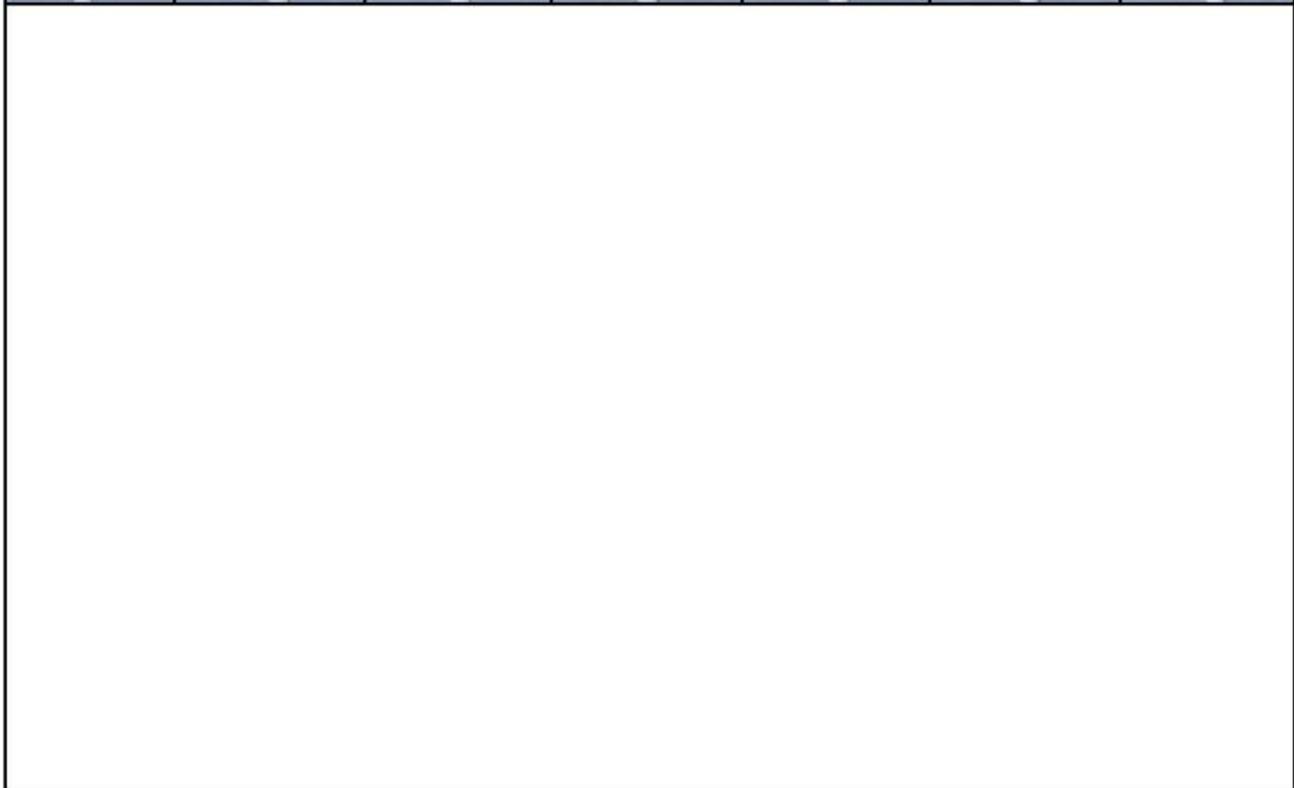
Carbon. (1)	Carbon. + <i>impacco</i> (2)	Paraloid B72 (3)	Estel 1000 (4)	Nano estel (5)	Nanorestore (6)	Testigo (7)
						

CÓRDOBA EMIRALES - MIR

Carbon. (1)	Carbon. + <i>impacco</i> (2)	Paraloid B72 (3)	Estel 1000 (4)	Nano estel (5)	Nanorestore (6)	Testigo (7)
						

CÓRDOBA CALIFALES - HRS

Carbon. (1)	Carbon. + <i>impacco</i> (2)	Paraloid B72 (3)	Estel 1000 (4)	Nano estel (5)	Nanorestore (6)	Testigo (7)
						



ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

PRUEBAS DE ABSORCIÓN POR CAPILARIDAD

Norma seguida UNE-EN 15801 **Fecha realización ensayo** Octubre de 2017

Laboratorio donde se realizó ICVBC-CNR, Sesto Fiorentino (Florencia, Italia)

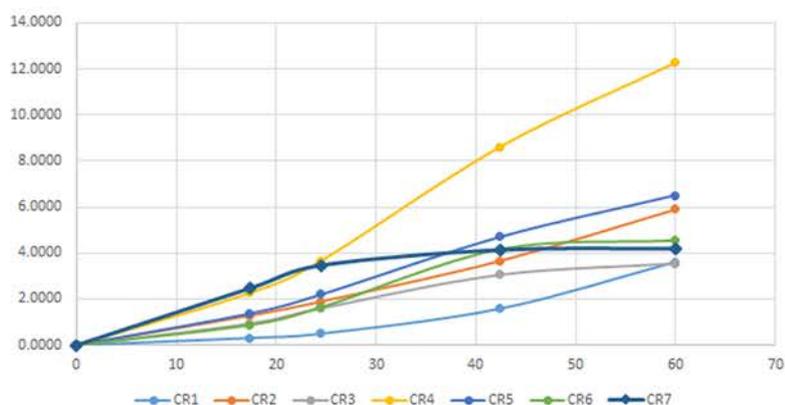
Tipo de muestras Fragmentos de pintura mural ejecutados al fresco

Preacondicionamiento En un desecador durante 24h antes del ensayo

Tipo de agua empleada Agua destilada

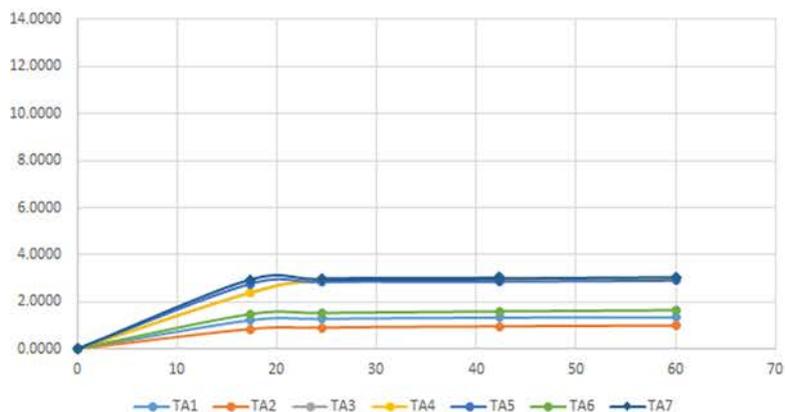
Intervalos de tiempo elegidos 5', 10', 30' y 60'

CASTVLO ROMANAS - CR



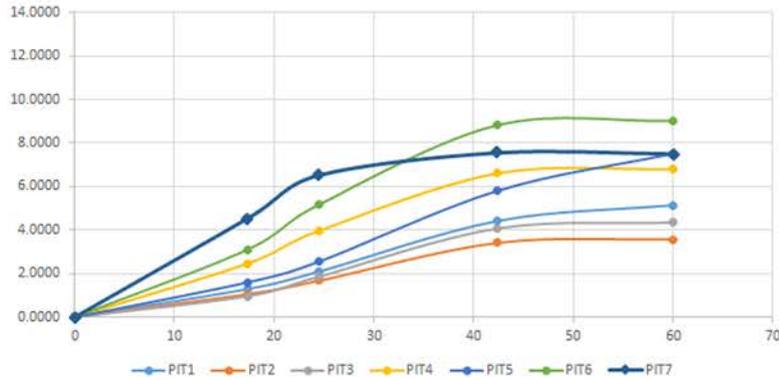
CR1 - Cabonatogénesis
 CR2 - Carbo. + *impacco*
 CR3 - Paraloid B-72
 CR4 - Estel 1000
 CR5 - Nano estel
 CR6 - Nanorestore
 CR7 - Testigo

CASTVLO TARDOANTIGUAS - TA



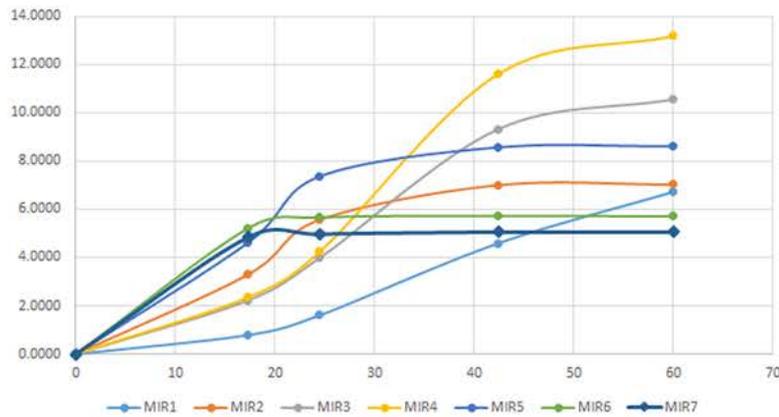
TA1 - Cabonatogénesis
 TA2 - Carbo. + *impacco*
 TA3 - Paraloid B-72
 TA4 - Estel 1000
 TA5 - Nano estel
 TA6 - Nanorestore
 TA7 - Testigo

CÓRDOBA ROMANAS - PIT



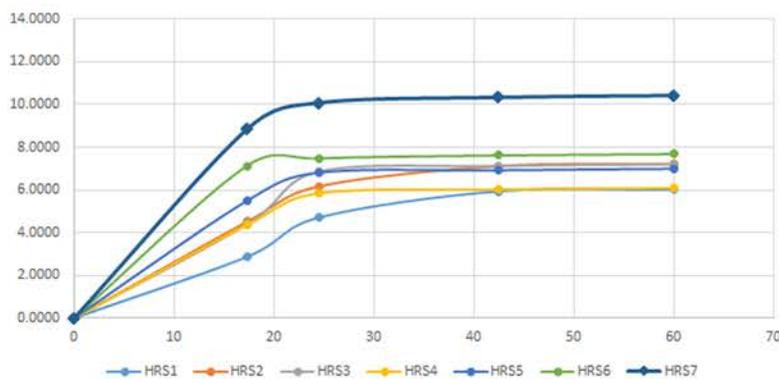
- PIT1 - Cabonatogénesis
- PIT2 - Carbo. + *impacco*
- PIT3 - Paraloid B-72
- PIT4 - Estel 1000
- PIT5 - Nano estel
- PIT6 - Nanorestore
- PIT7 - Testigo

CÓRDOBA EMIRALES - MIR



- MIR1 - Cabonatogénesis
- MIR2 - Carbo. + *impacco*
- MIR3 - Paraloid B-72
- MIR4 - Estel 1000
- MIR5 - Nano estel
- MIR6 - Nanorestore
- MIR7 - Testigo

CÓRDOBA CALIFALES - HRS

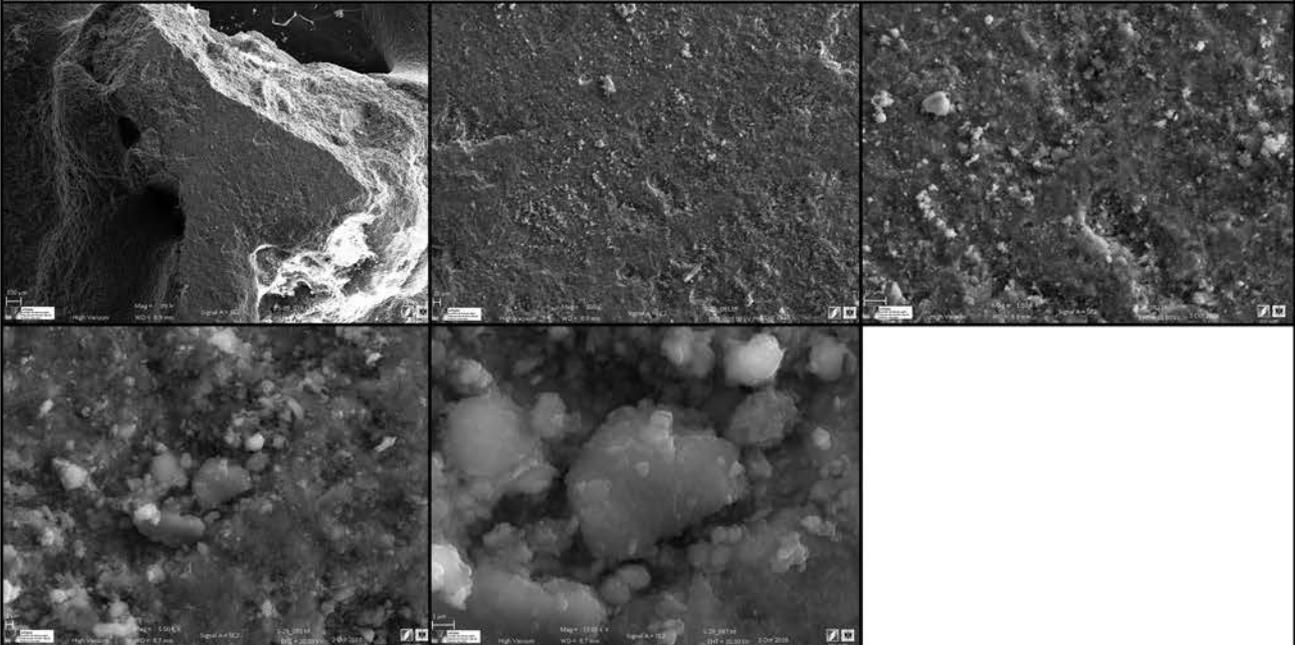


- HRS1 - Cabonatogénesis
- HRS2 - Carbo. + *impacco*
- HRS3 - Paraloid B-72
- HRS4 - Estel 1000
- HRS5 - Nano estel
- HRS6 - Nanorestore
- HRS7 - Testigo

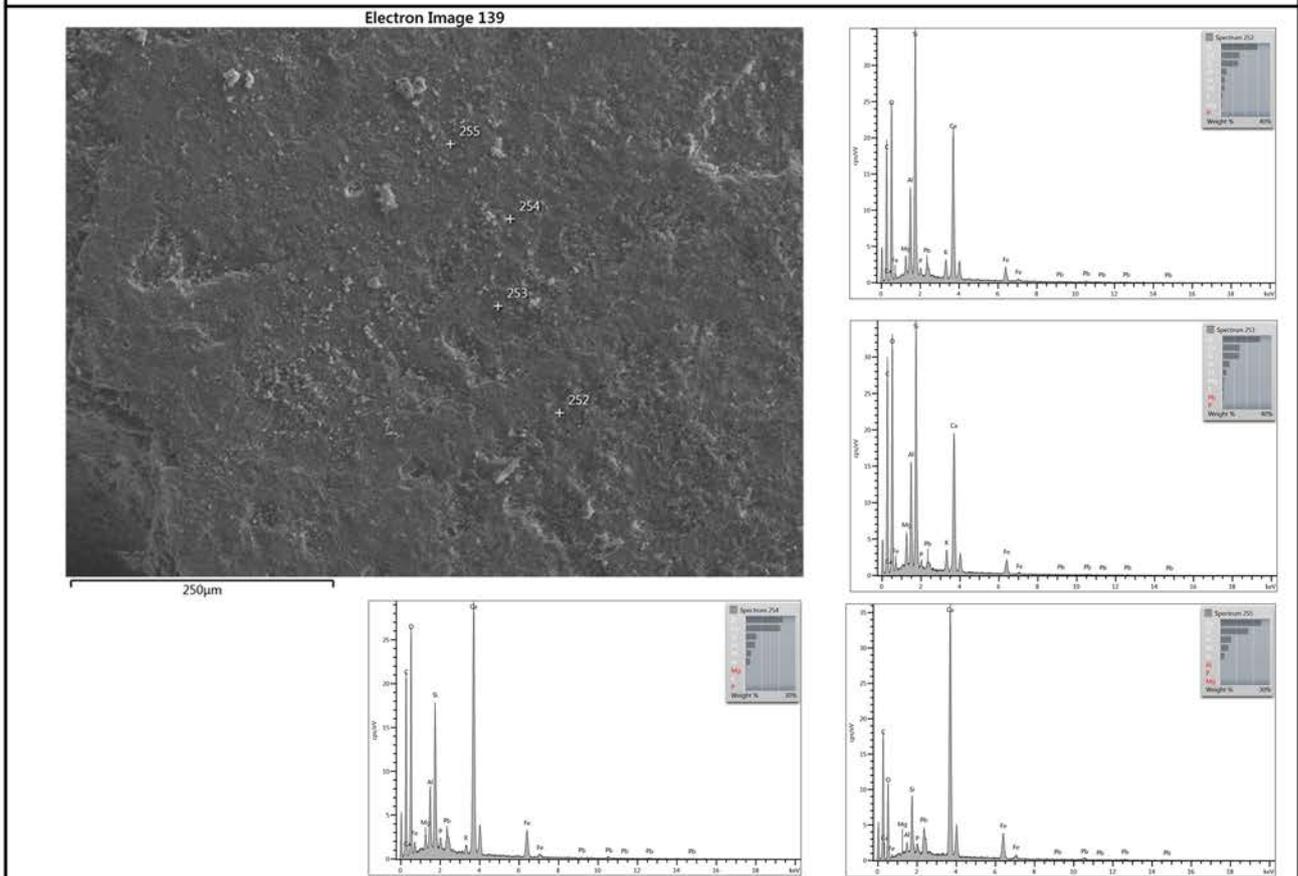
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	CR7	<i>Castulo</i> - época romana	Testigo

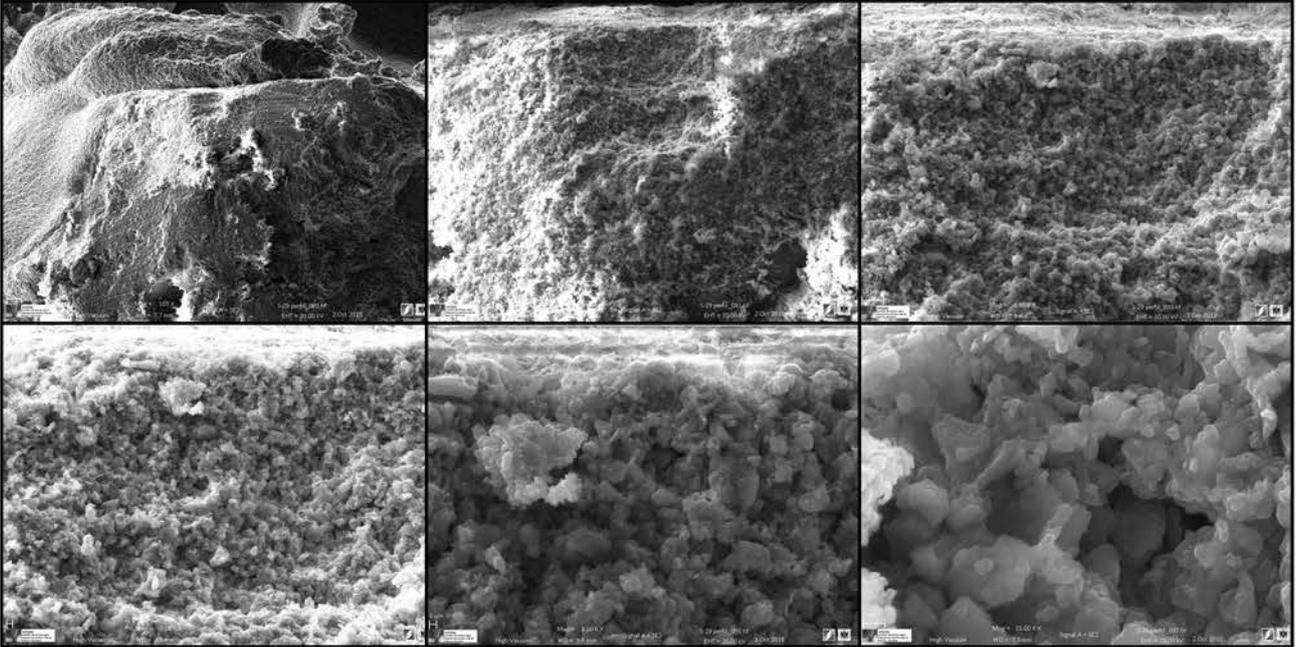
SUPERFICIE



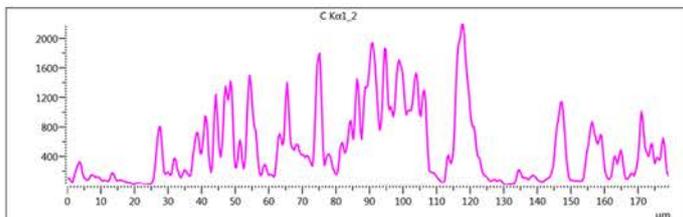
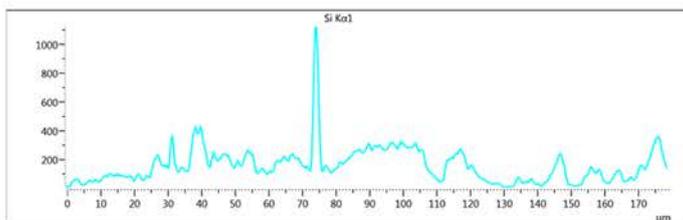
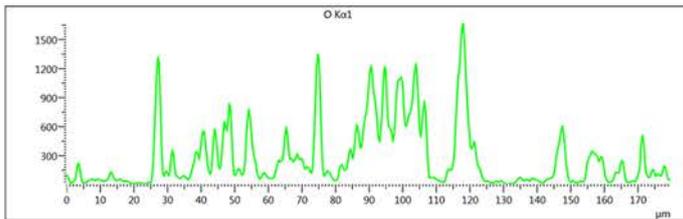
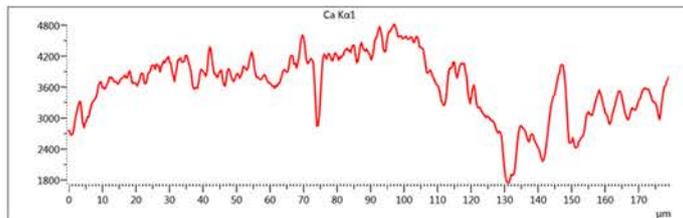
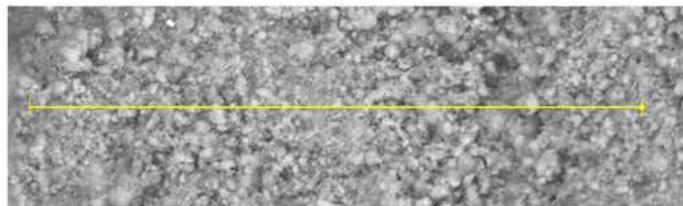
Análisis elemental



PERFIL



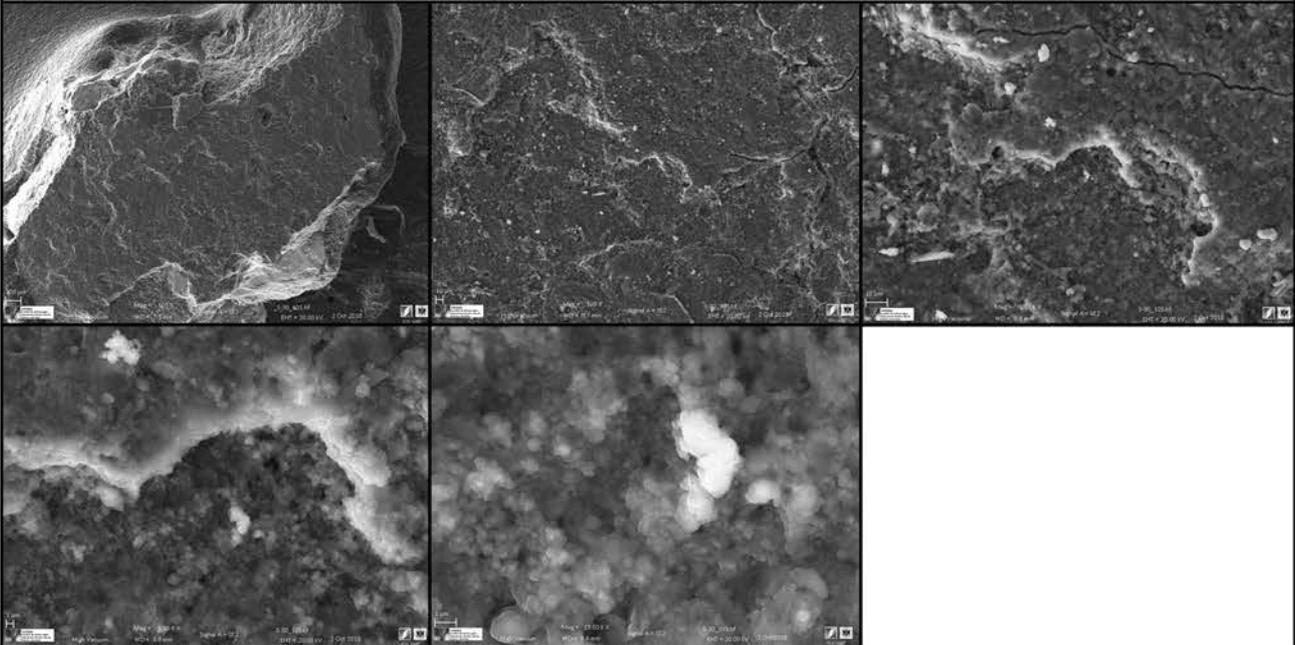
Line profile



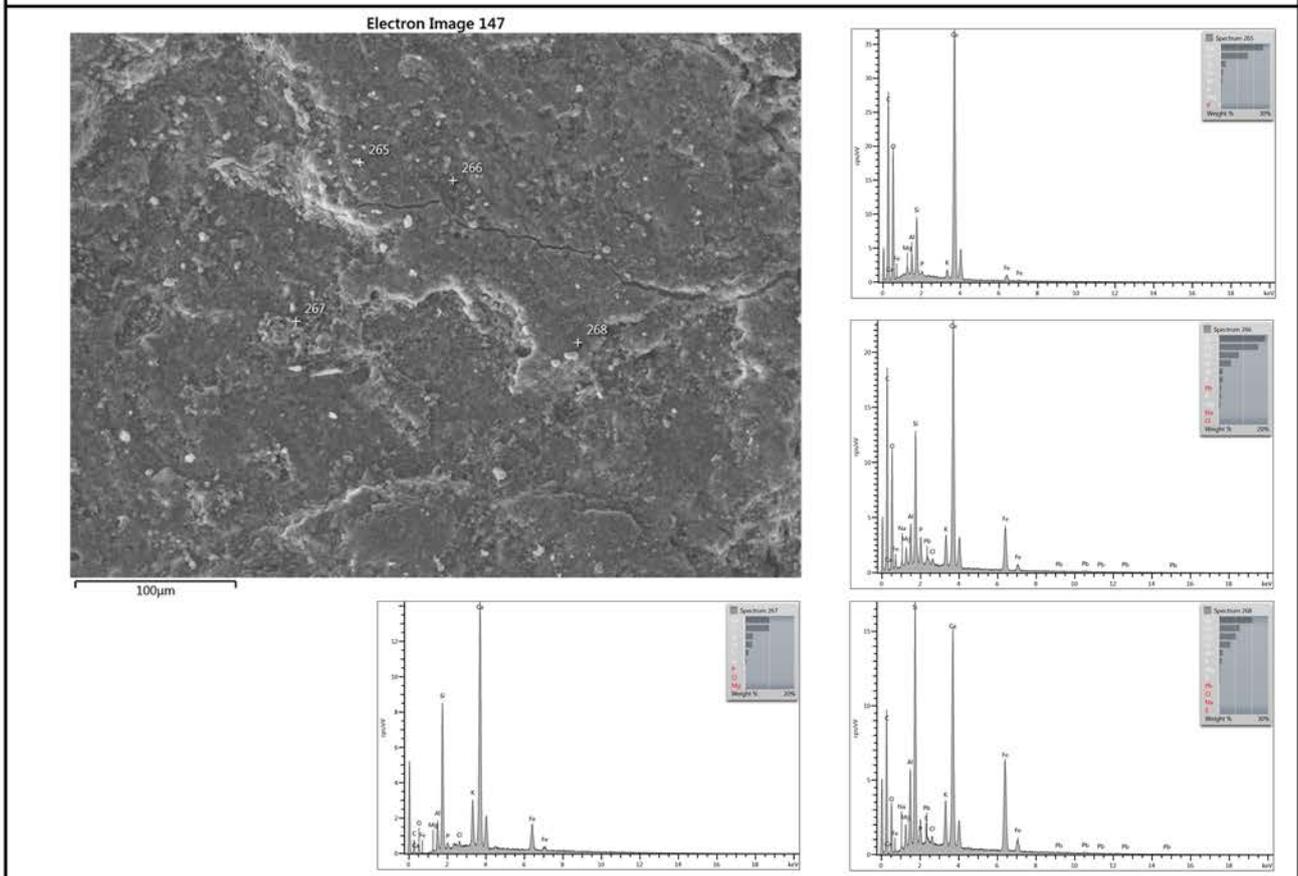
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	CR1	<i>Castulo</i> - época romana	Carbonatogénesis

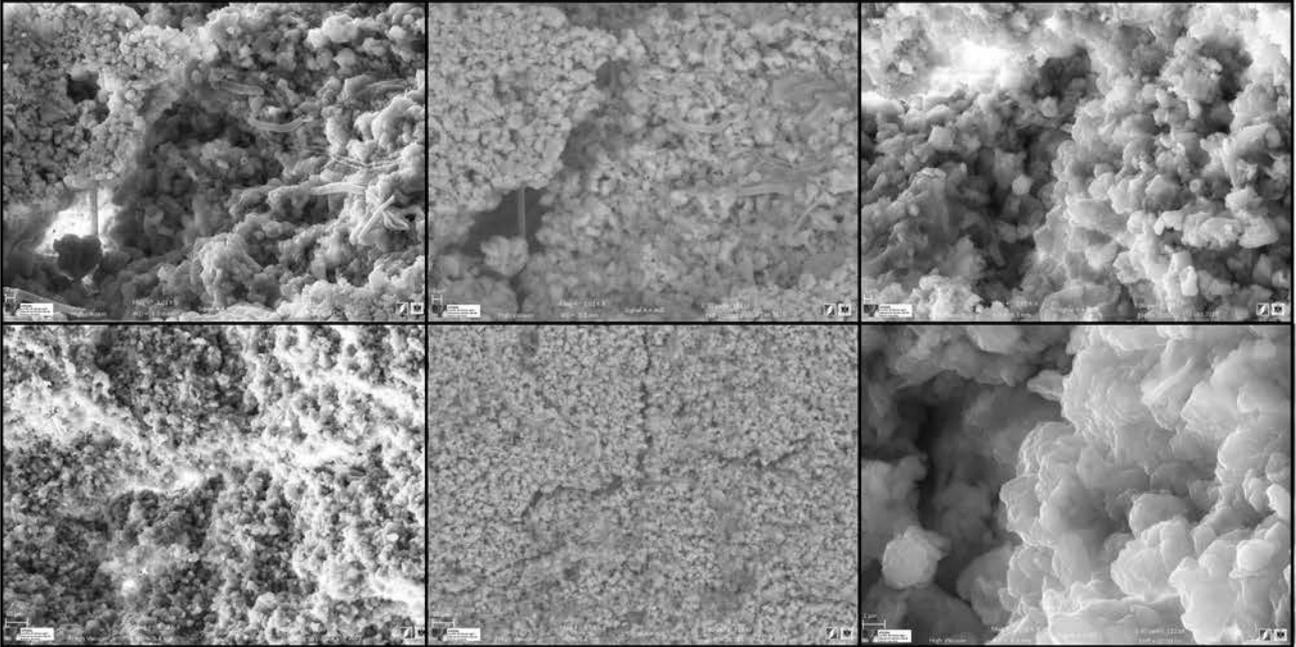
SUPERFICIE



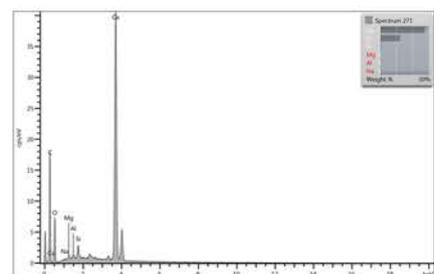
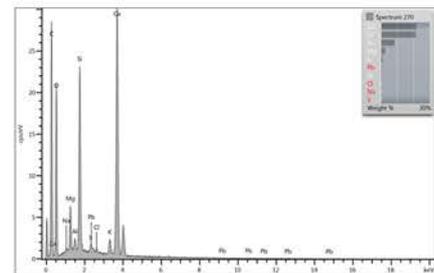
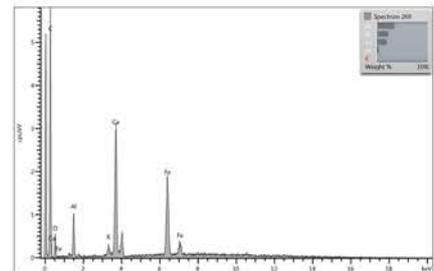
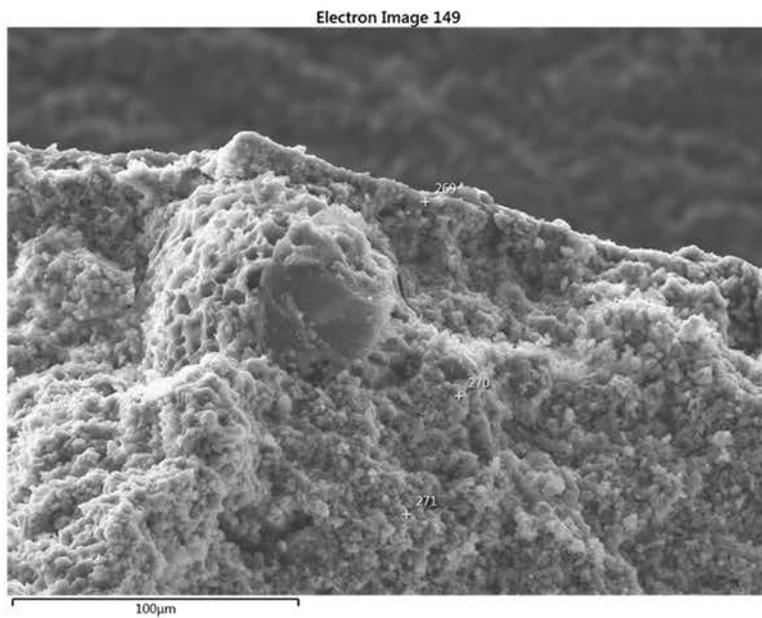
Análisis elemental



PERFIL



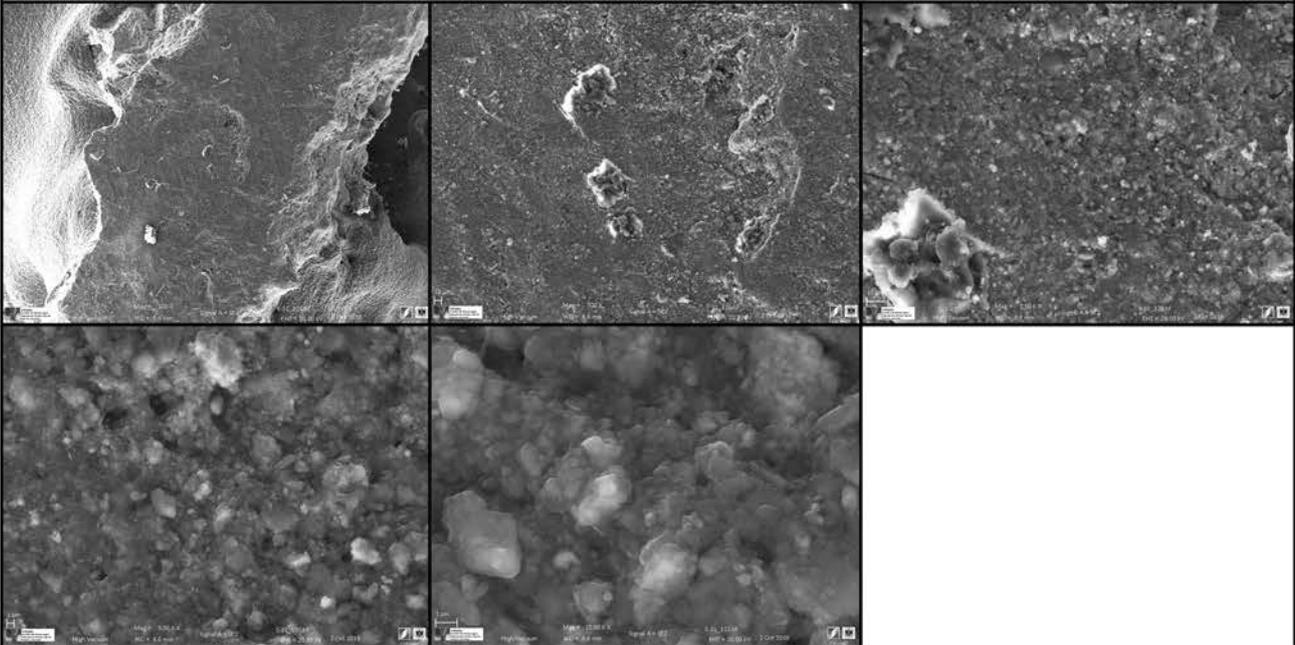
Análisis elemental



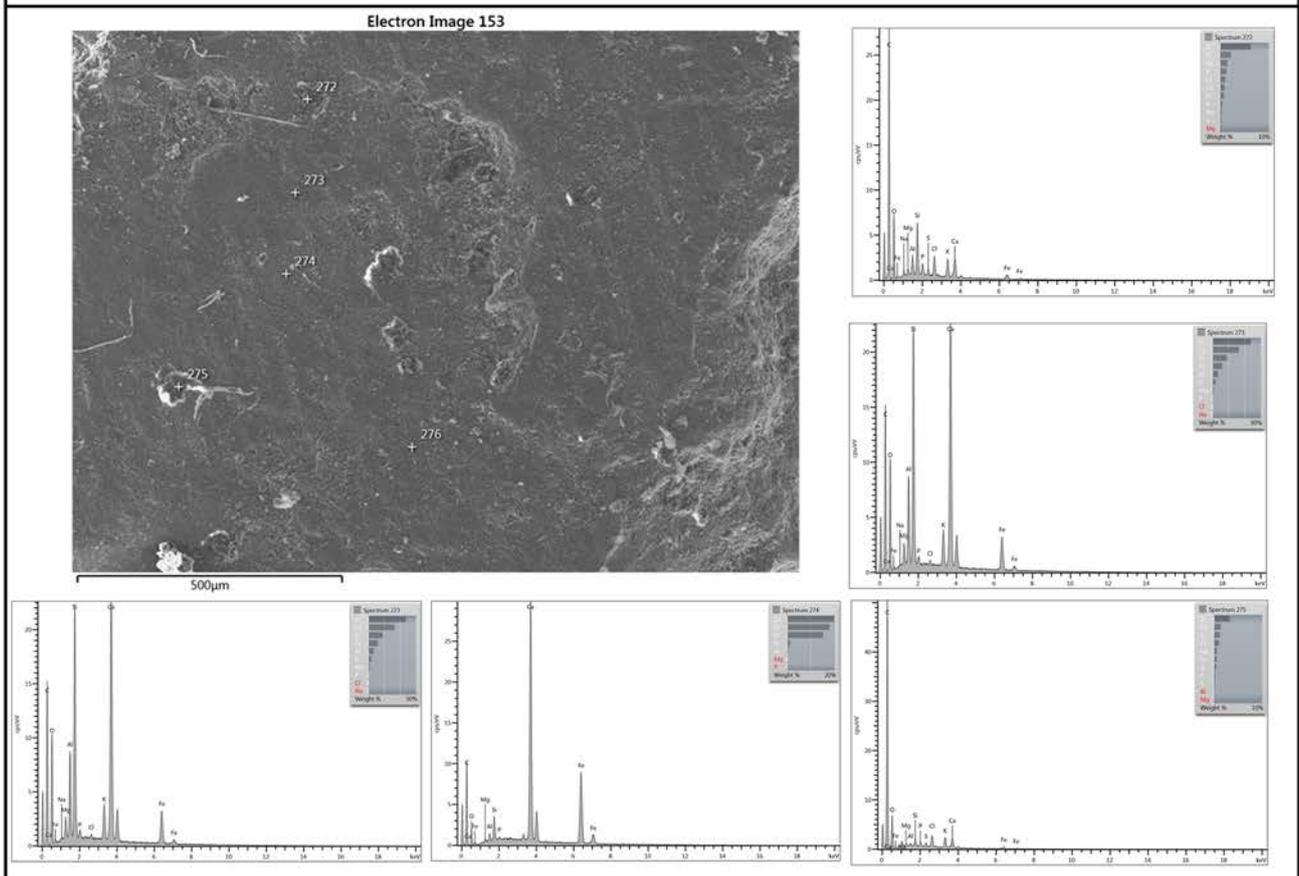
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	CR2	<i>Castulo</i> - época romana	Carbonatogénesis + <i>impacco</i>

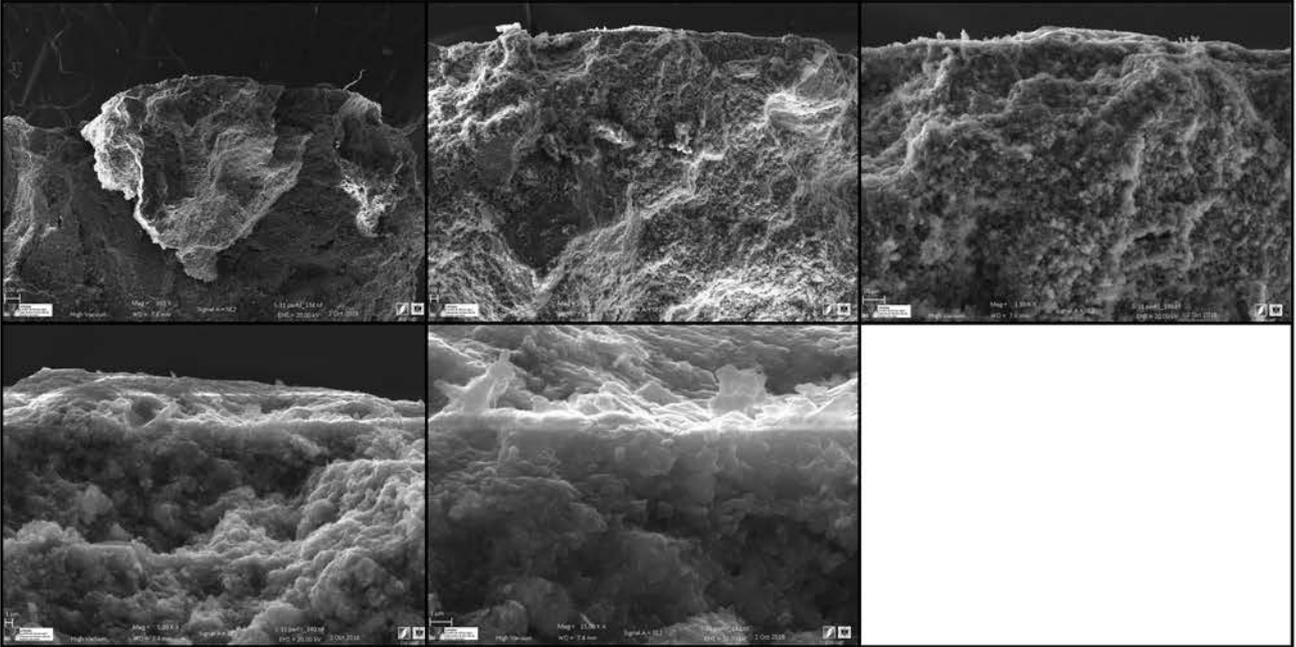
SUPERFICIE



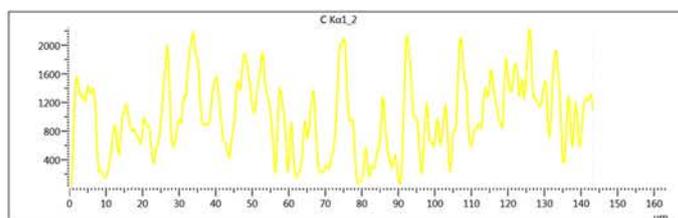
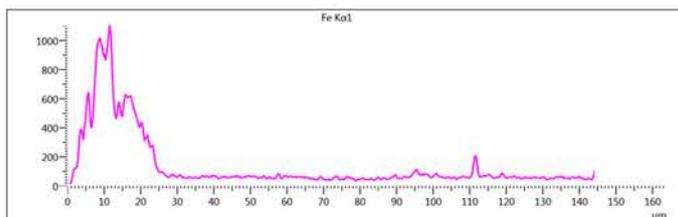
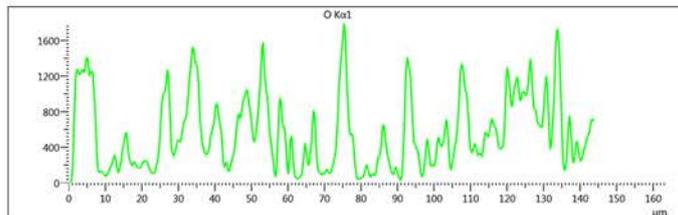
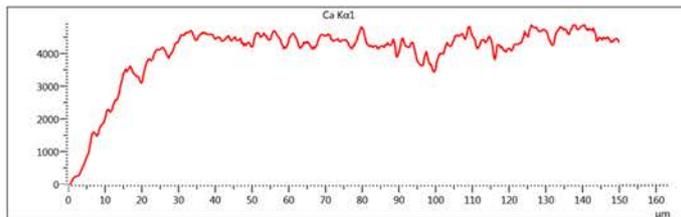
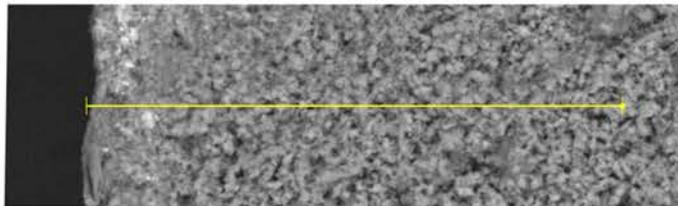
Análisis elemental



PERFIL



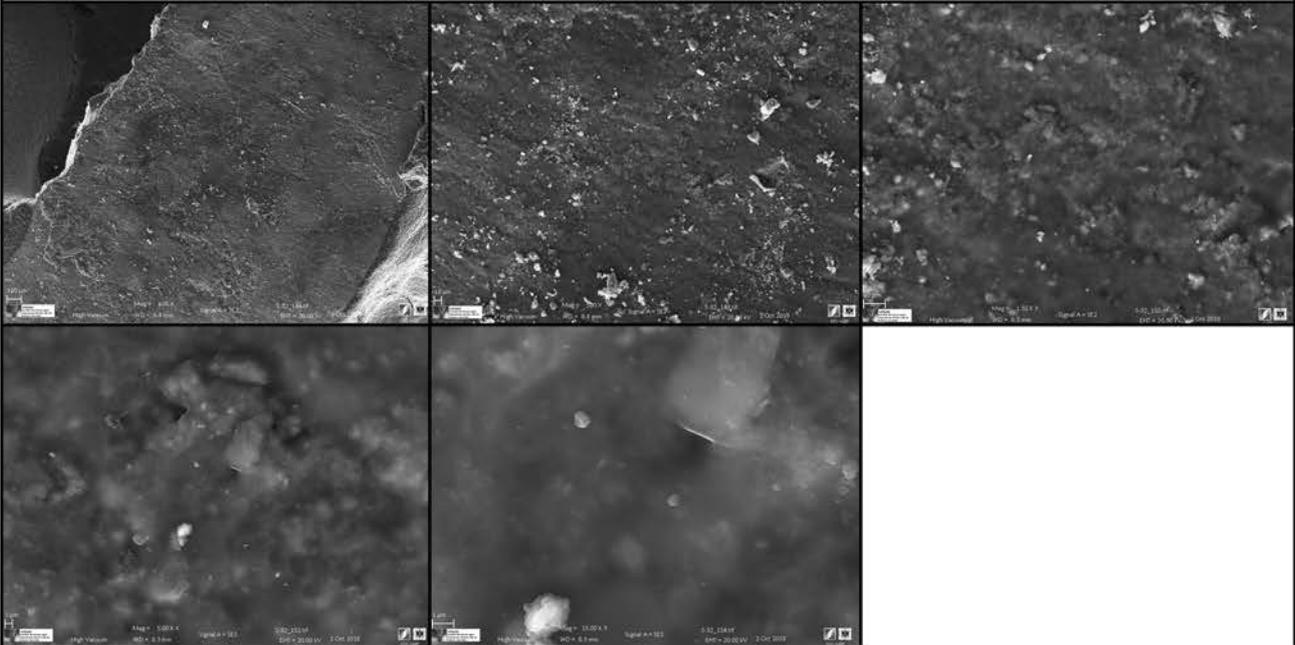
Line profile



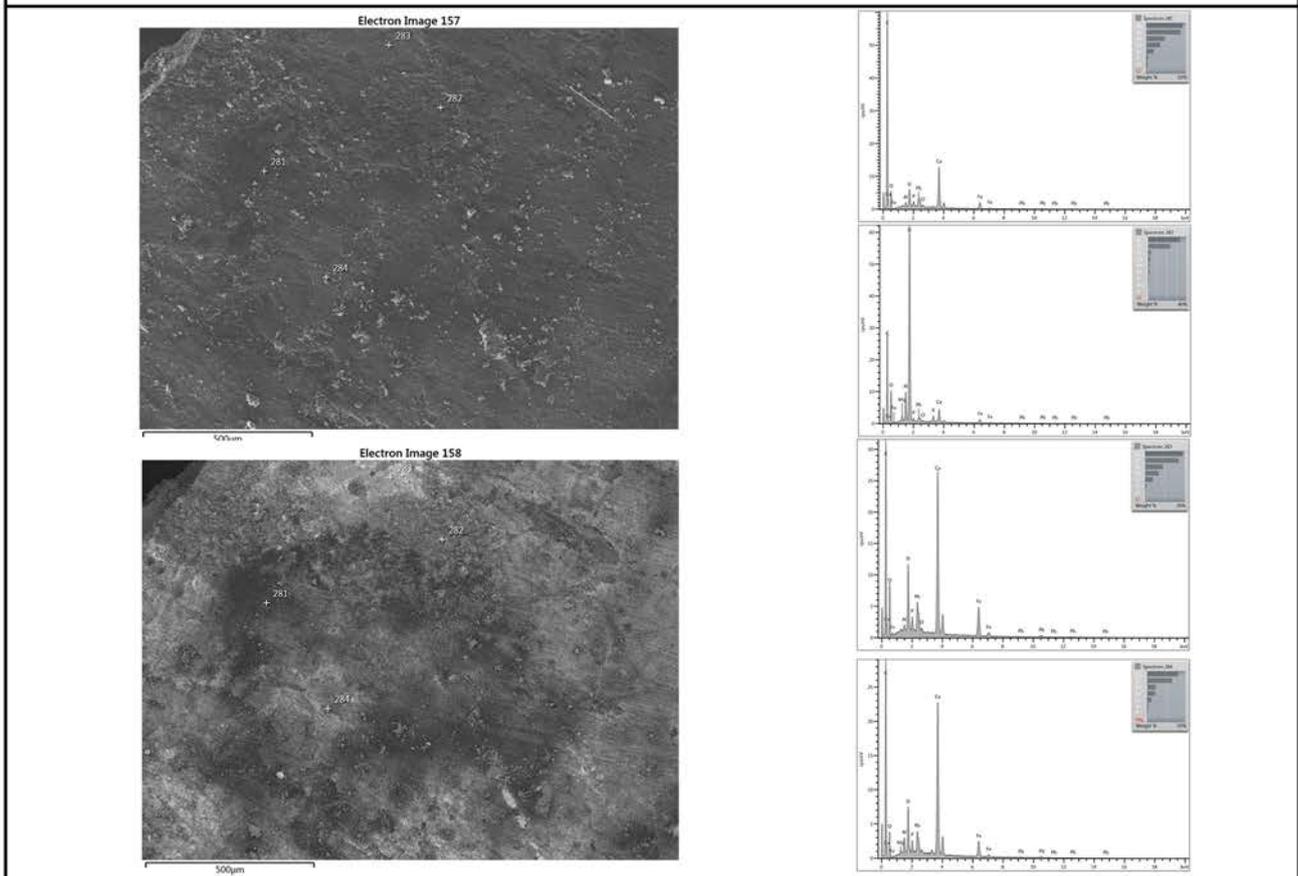
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	CR3	<i>Castulo</i> - época romana	Paraloid B-72

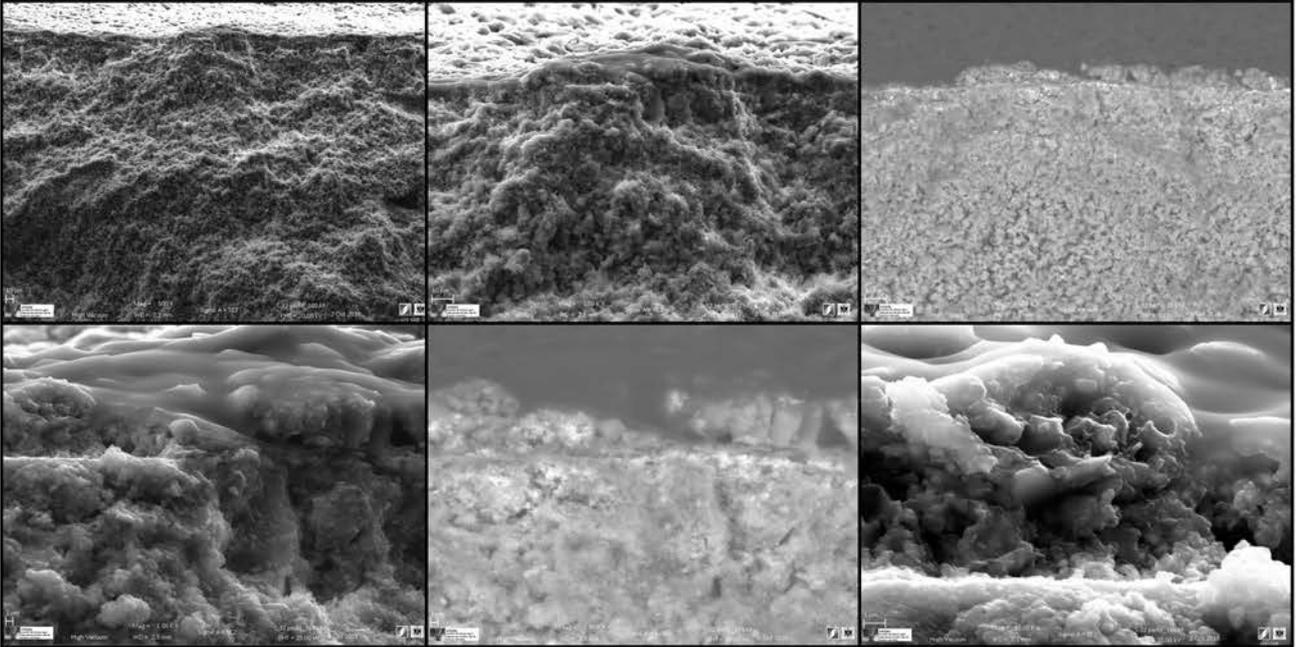
SUPERFICIE



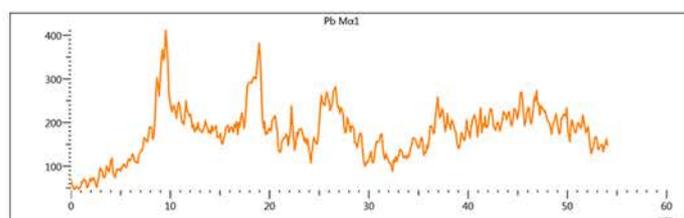
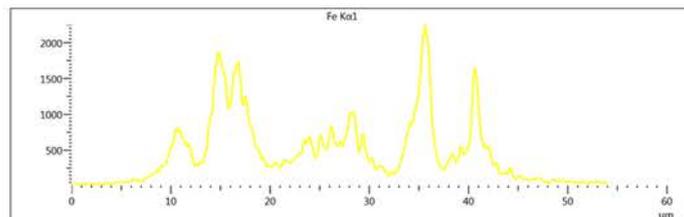
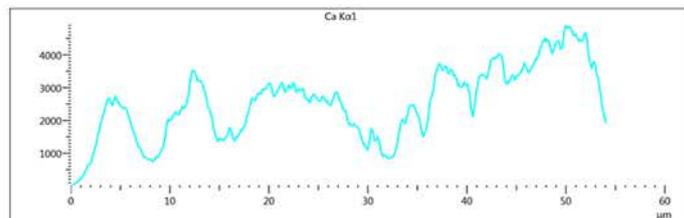
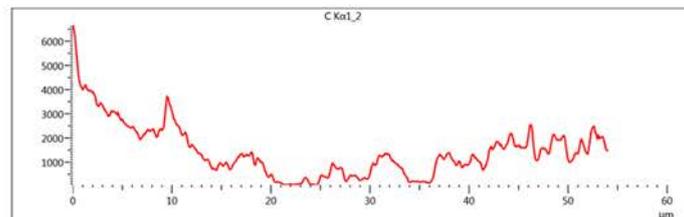
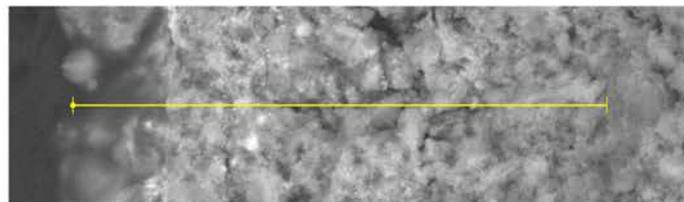
Análisis elemental



PERFIL



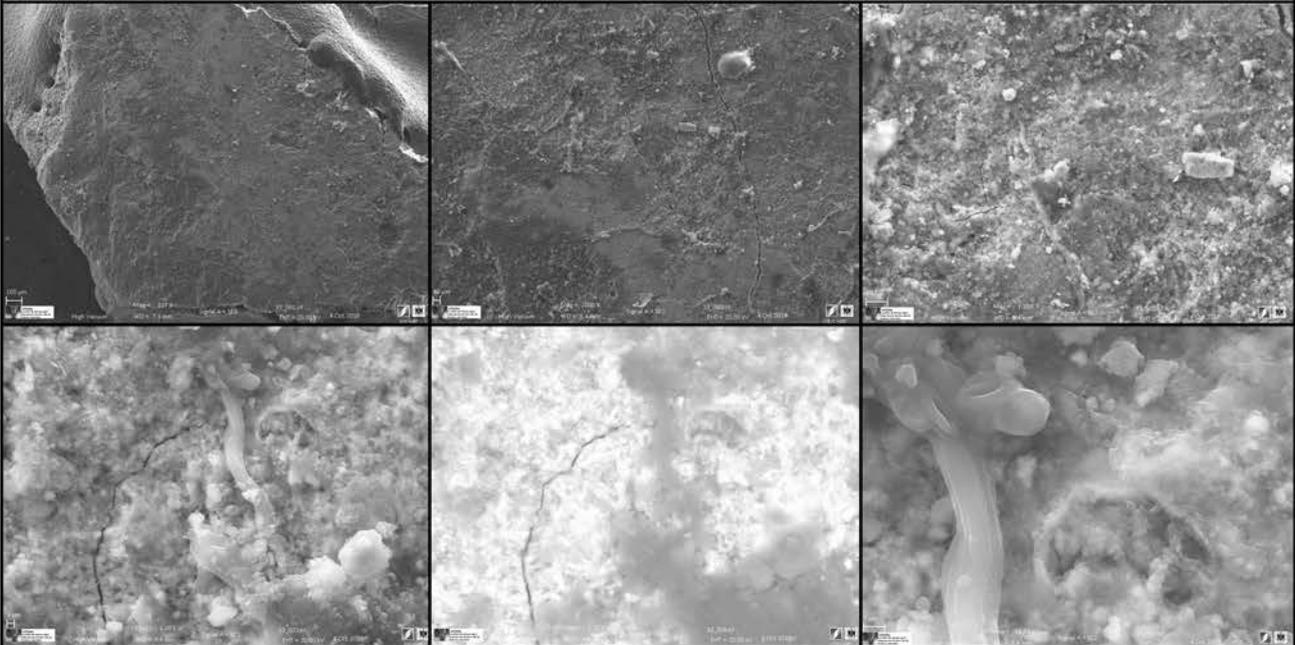
Line profile



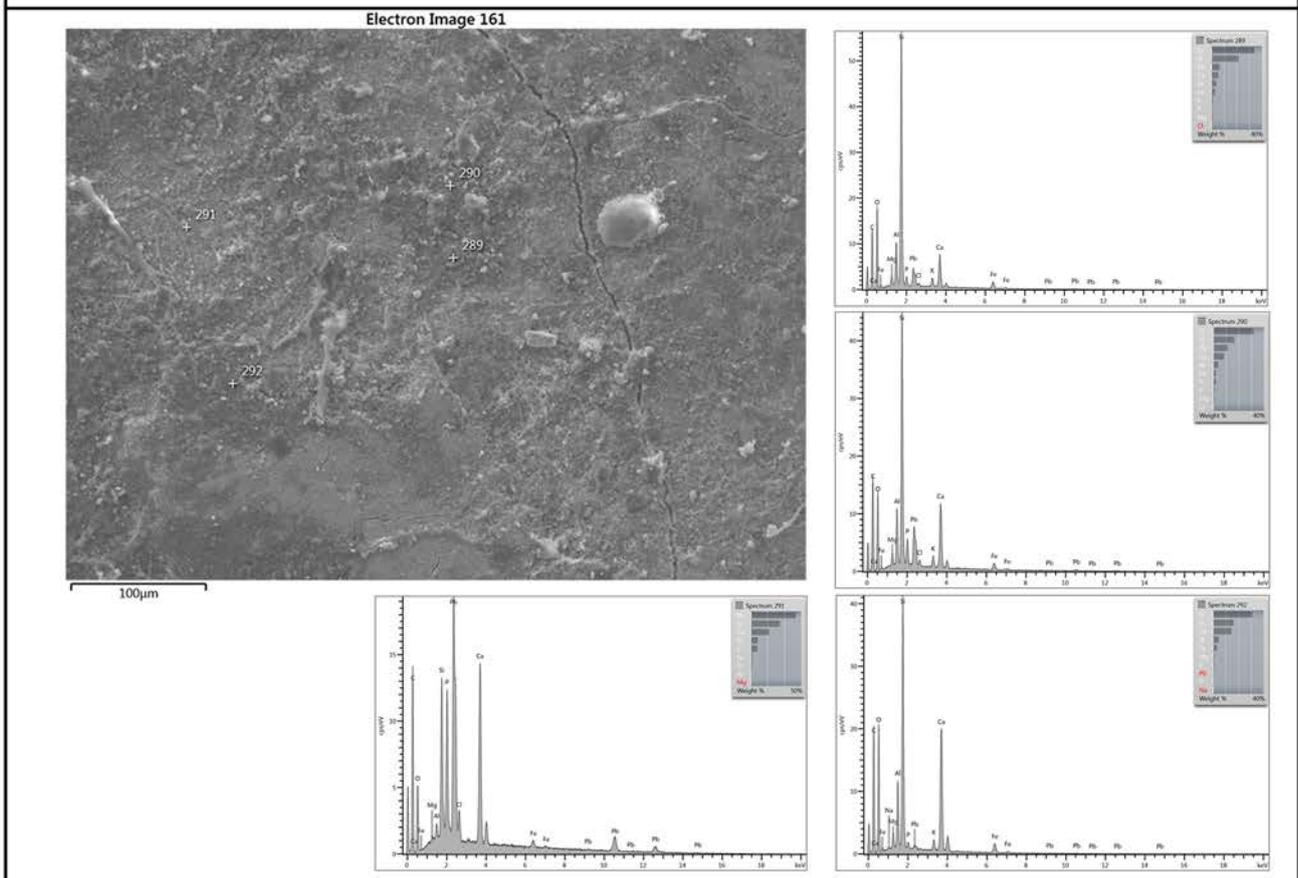
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	CR4	<i>Castulo</i> - época romana	Estel 1000

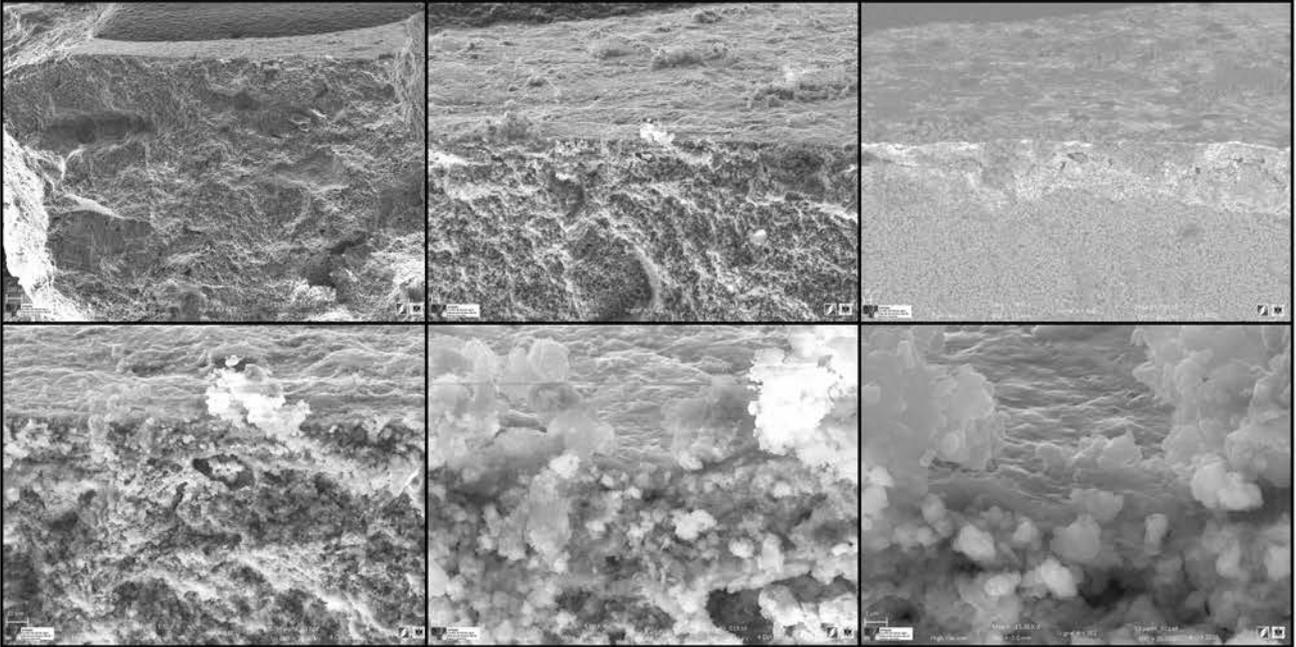
SUPERFICIE



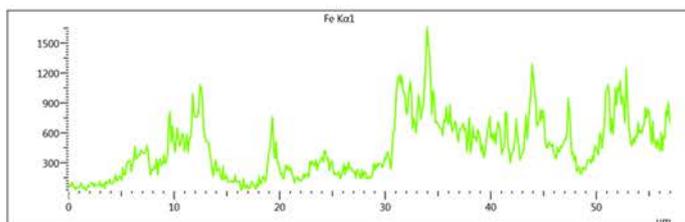
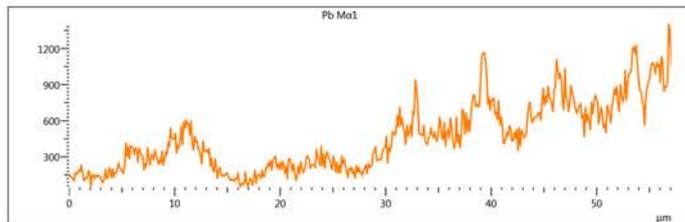
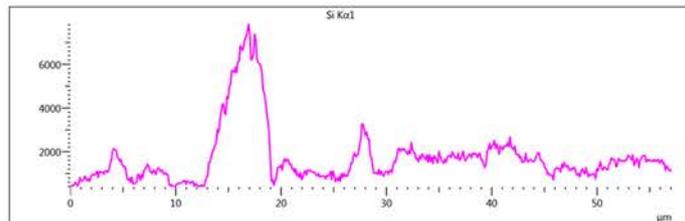
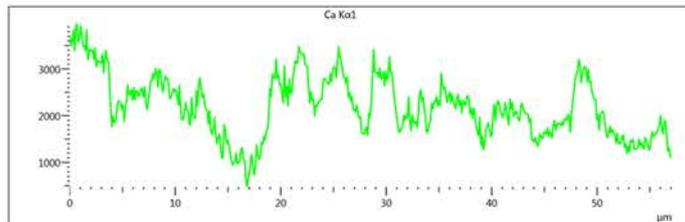
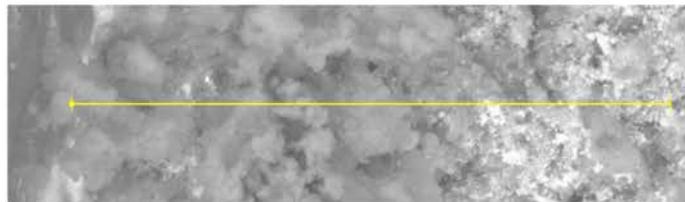
Análisis elemental



PERFIL



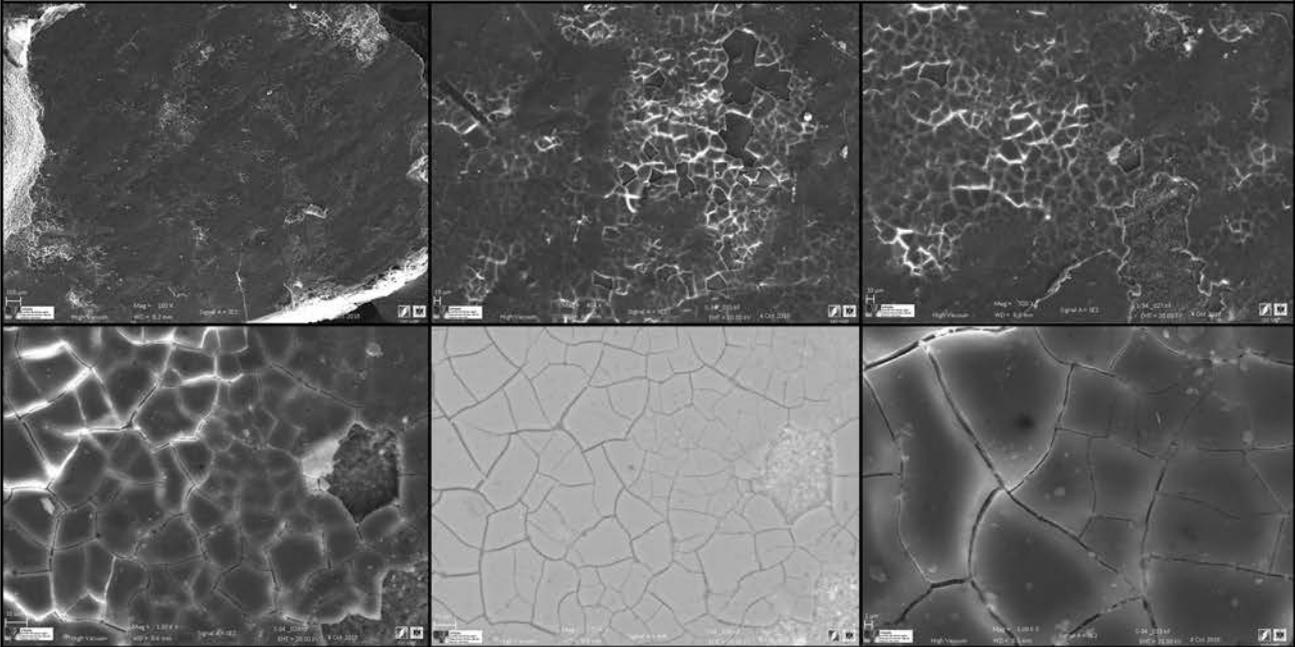
Line profile



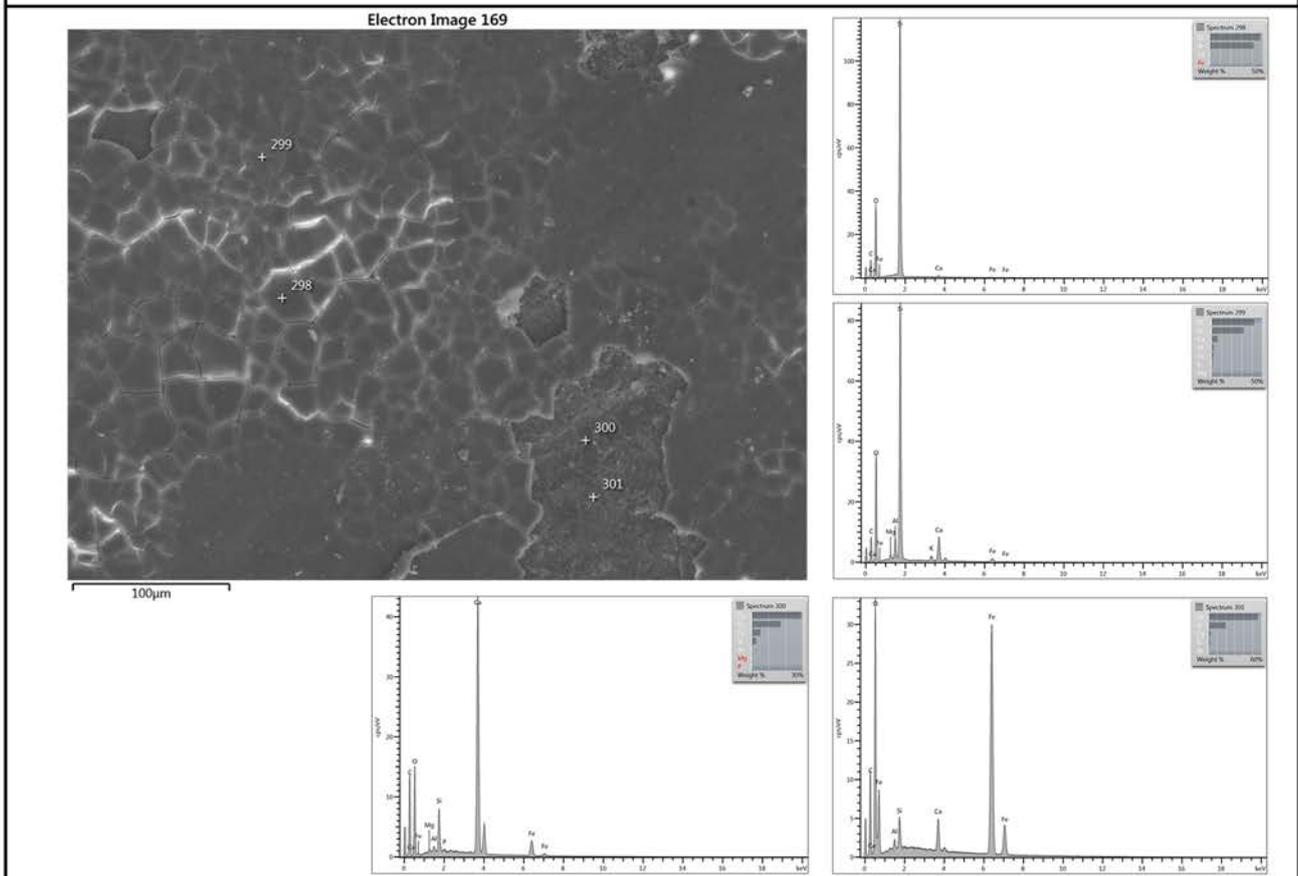
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	CR5	<i>Castulo</i> - época romana	Nano estel

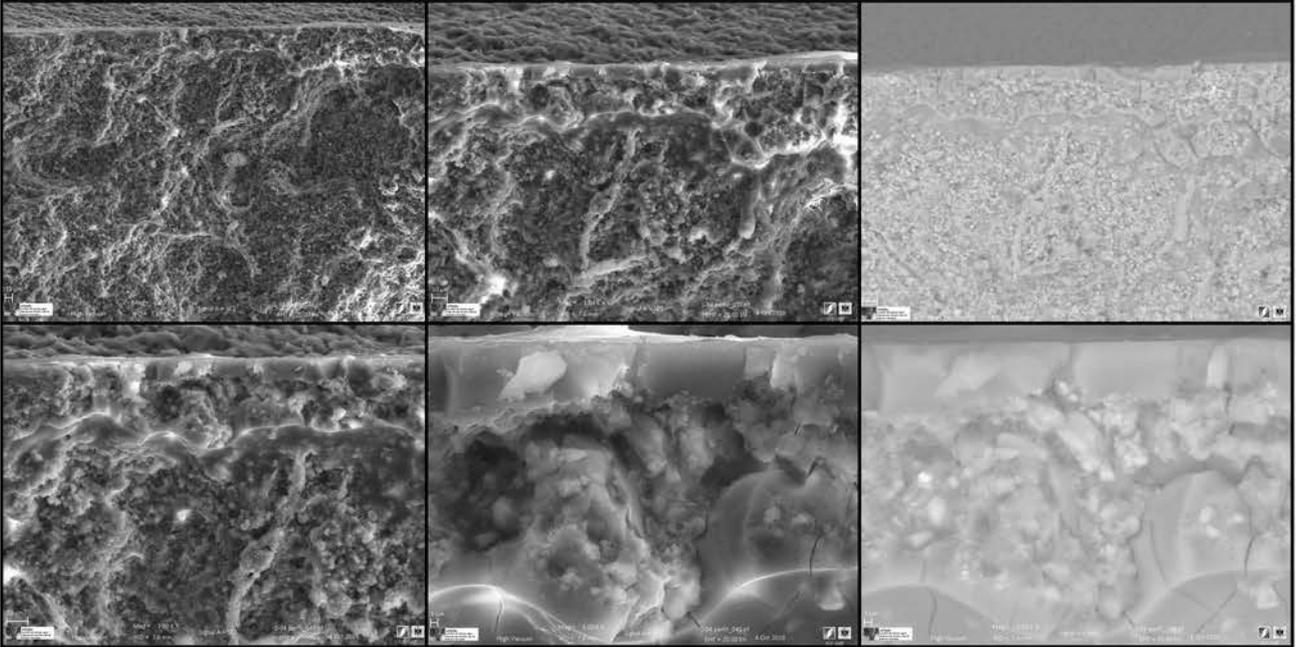
SUPERFICIE



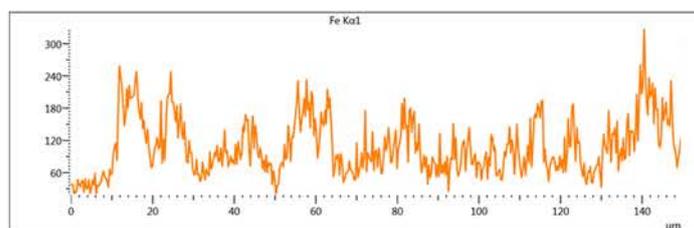
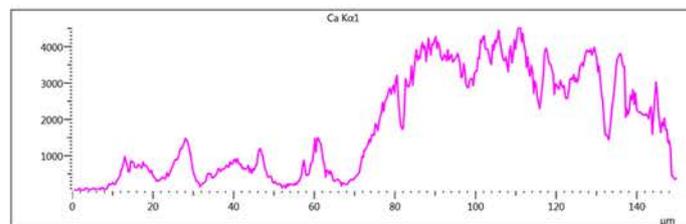
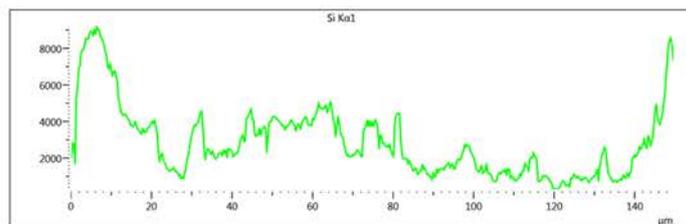
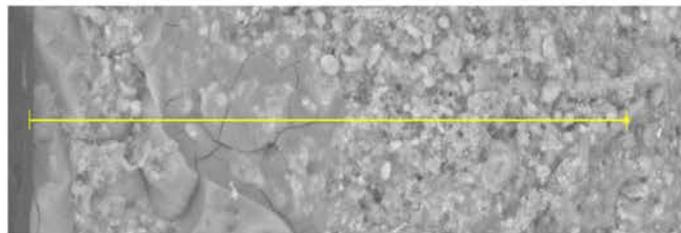
Análisis elemental



PERFIL



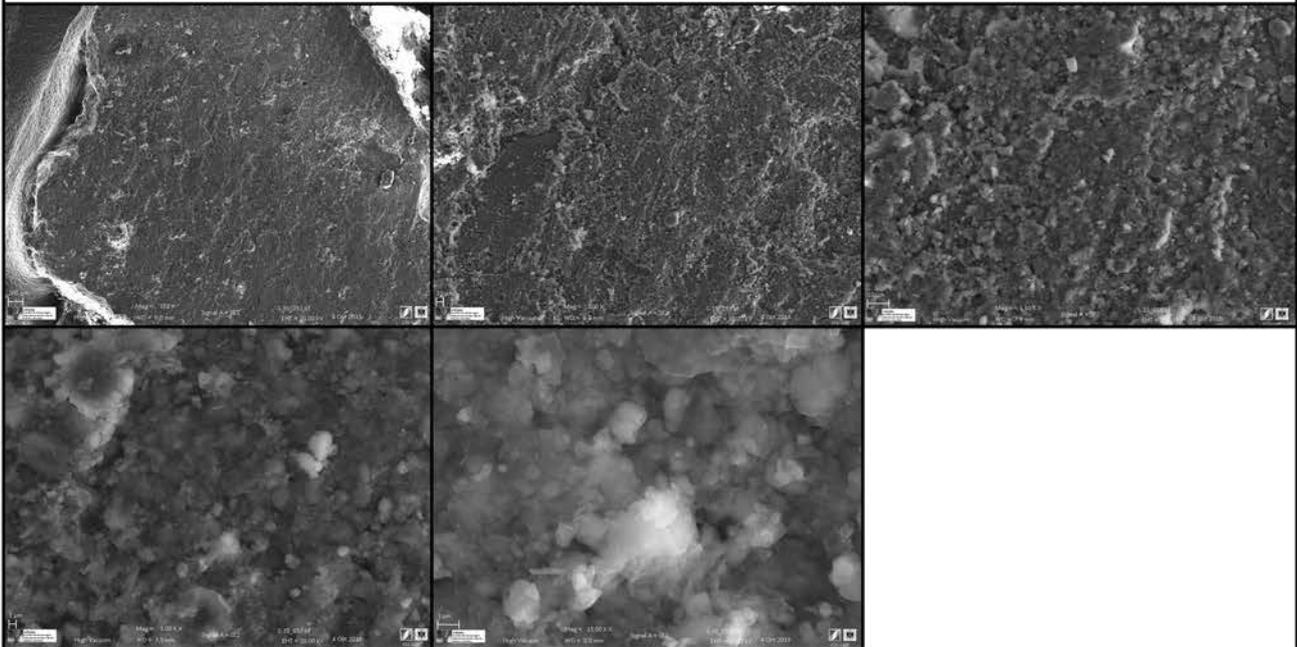
Line profile



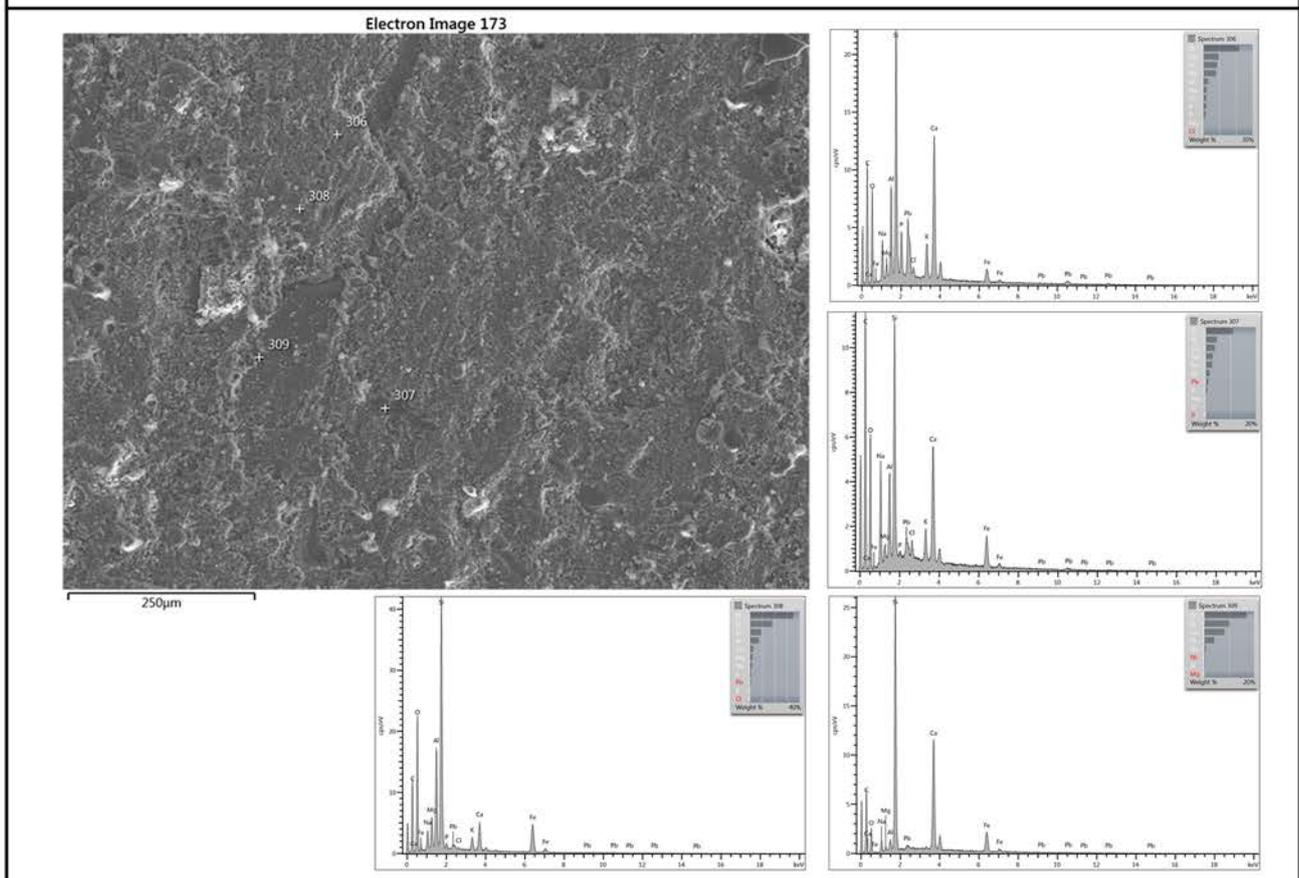
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	CR6	<i>Castulo</i> - época romana	Nanorestore

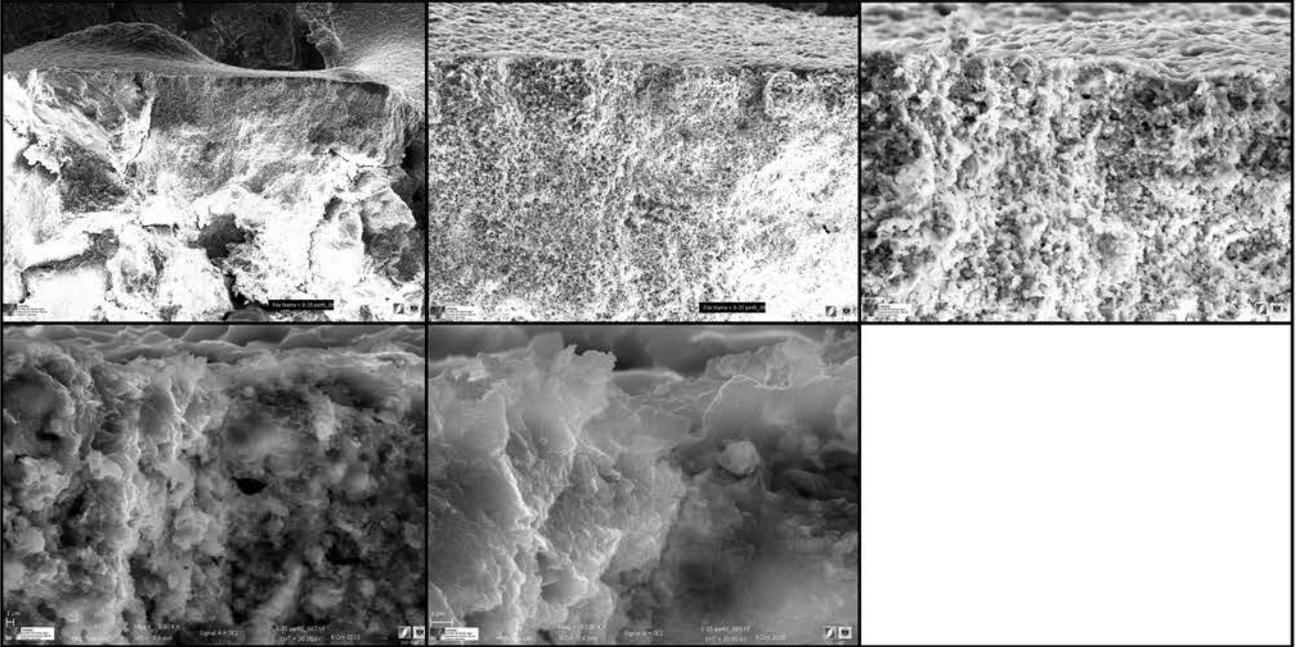
SUPERFICIE



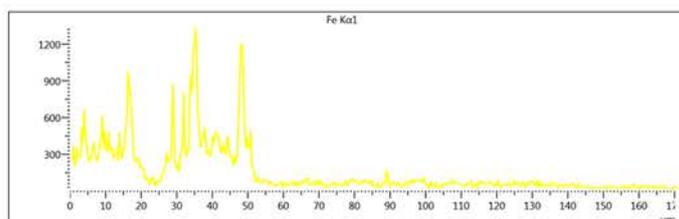
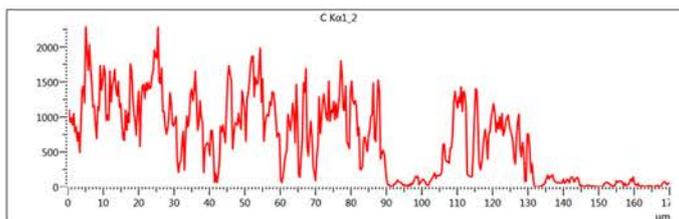
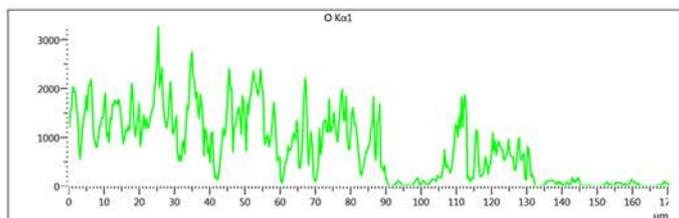
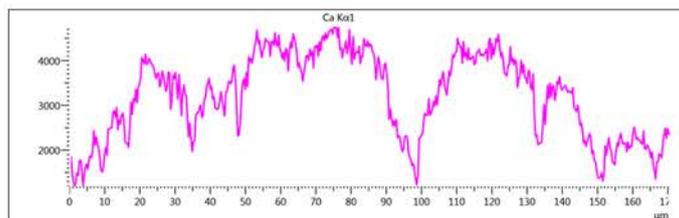
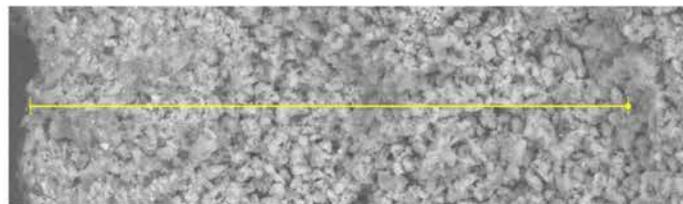
Análisis elemental



PERFIL



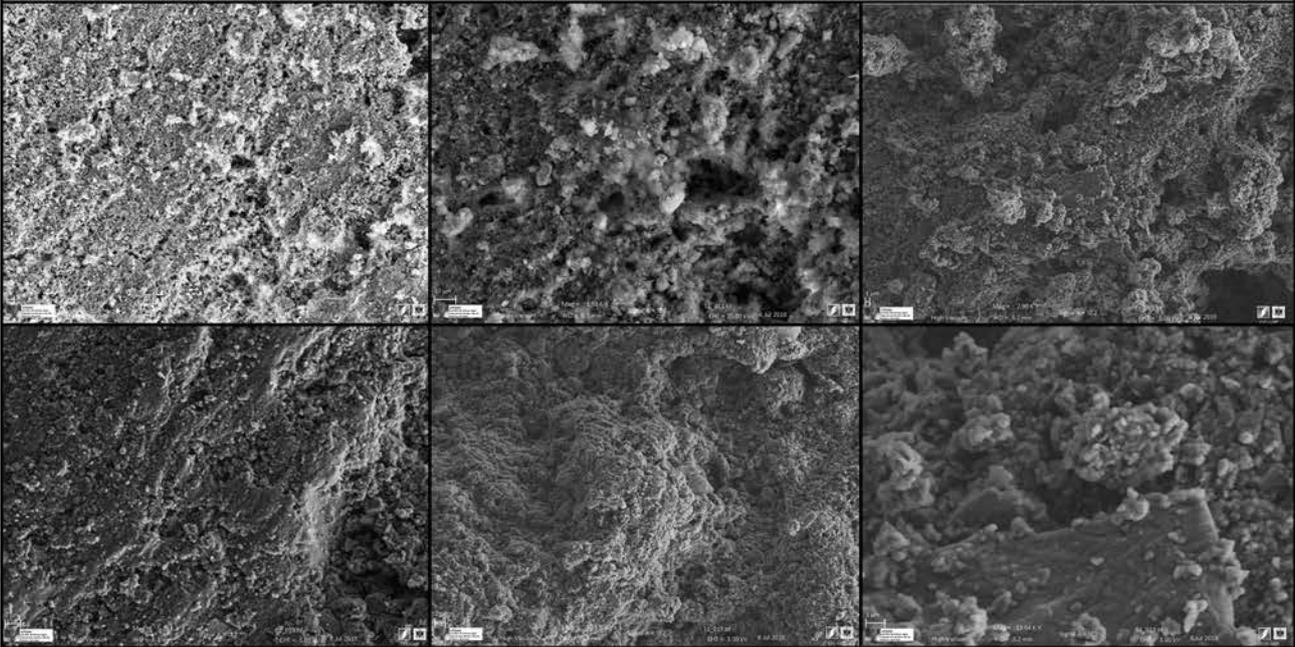
Line profile



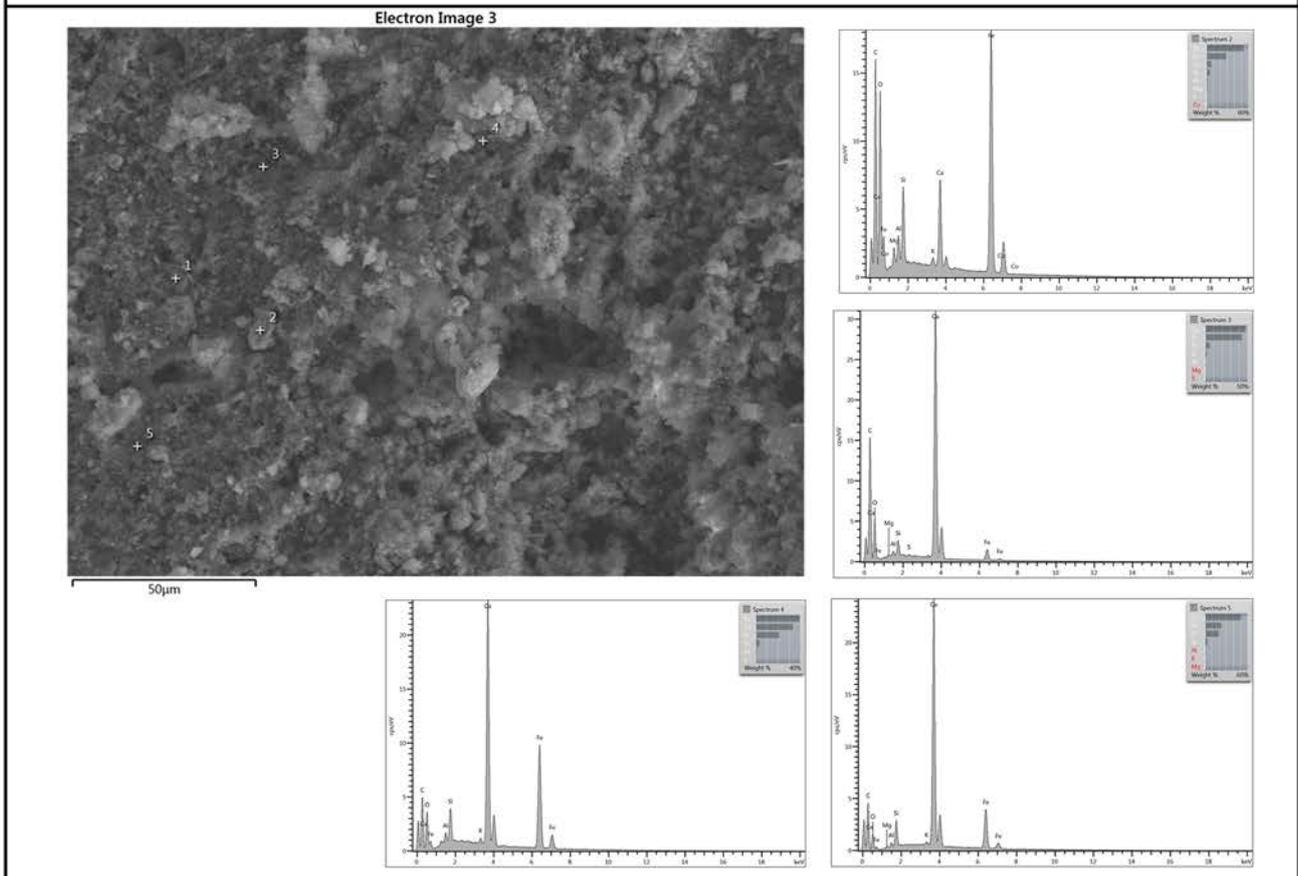
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	TA7	<i>Castulo</i> - época tardoantigua	Testigo

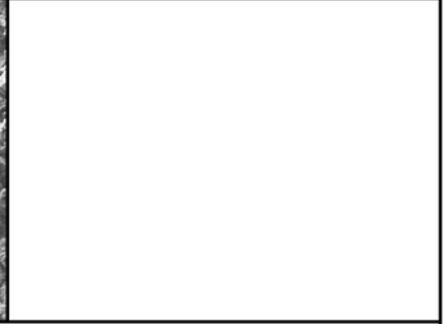
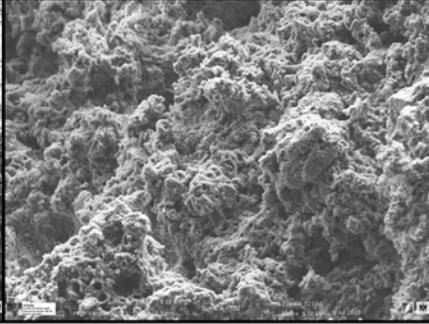
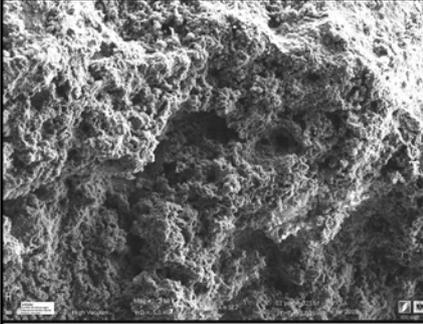
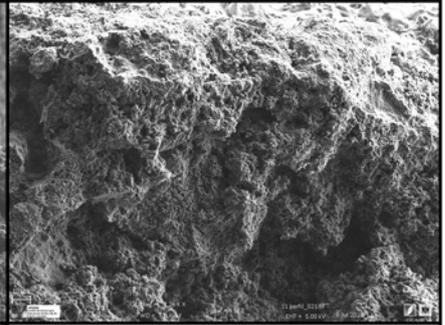
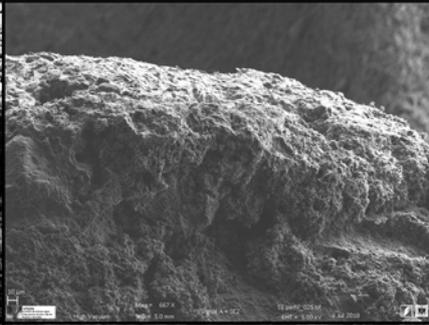
SUPERFICIE



Análisis elemental



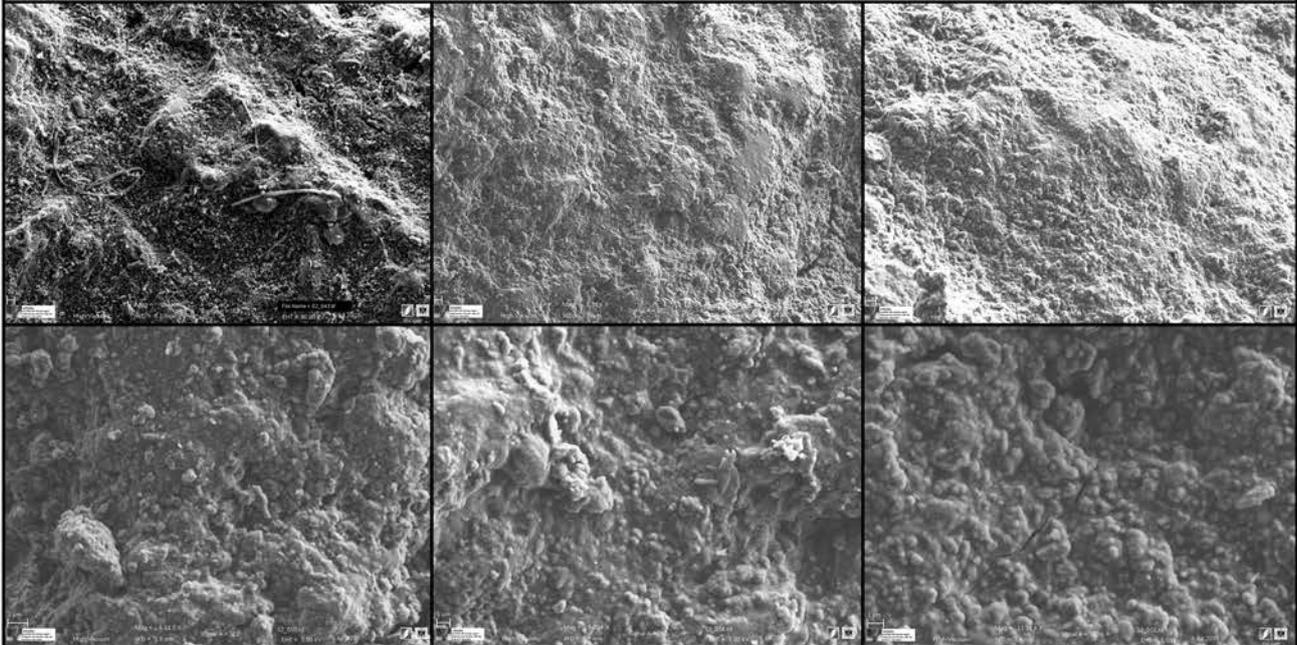
PERFIL



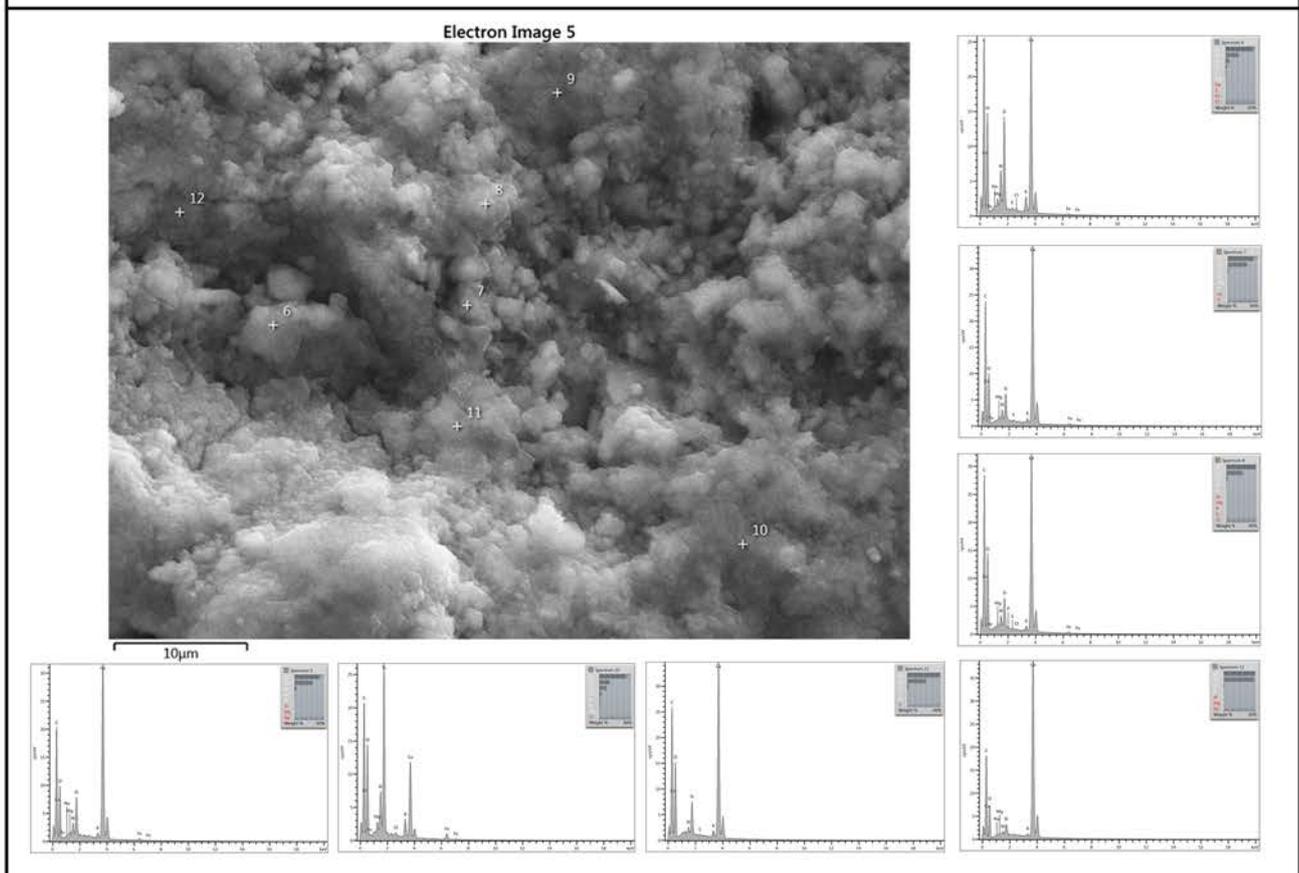
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	TA1	<i>Castulo</i> - época tardoantigua	Carbonatogénesis

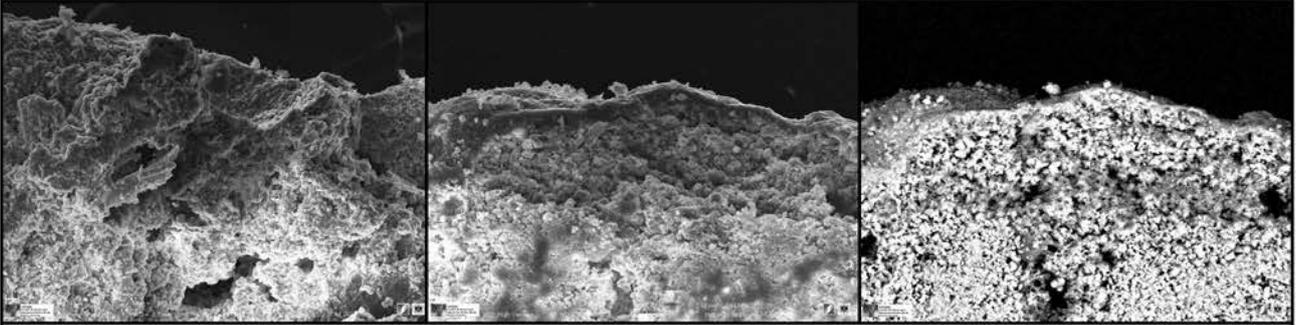
SUPERFICIE



Análisis elemental

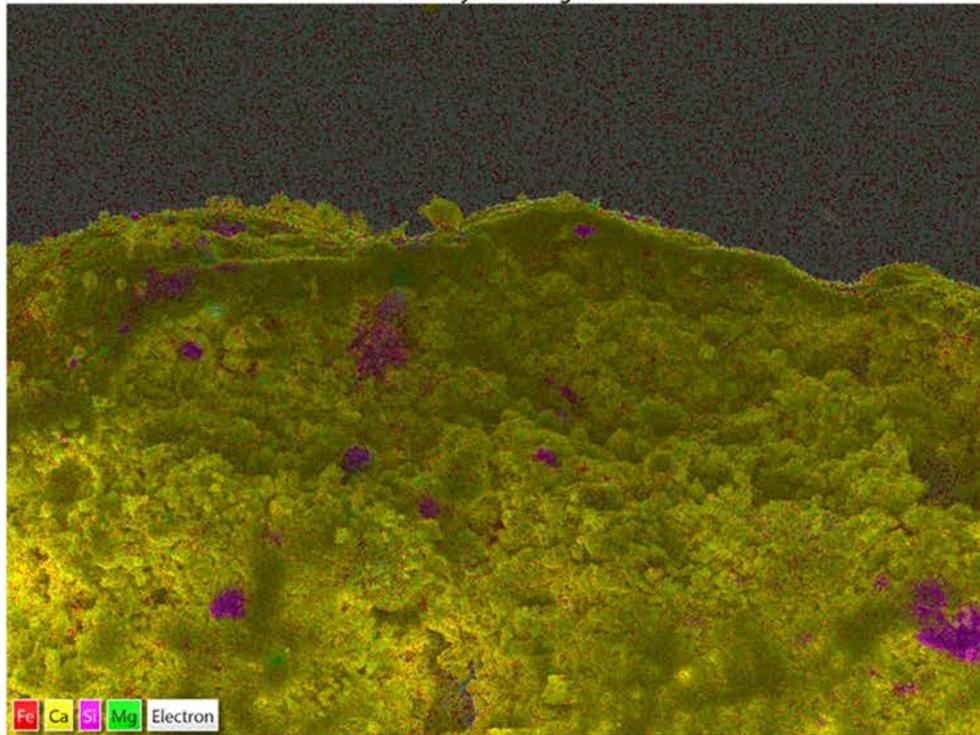


PERFIL



Mapa de distribución de elementos

EDS Layered Image 1



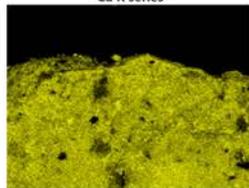
50µm

C K series



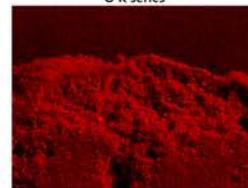
50µm

Ca K series



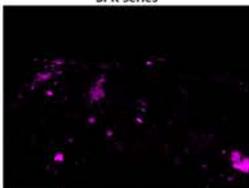
50µm

O K series



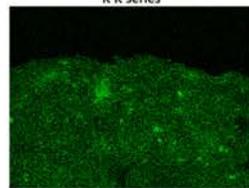
50µm

Si K series



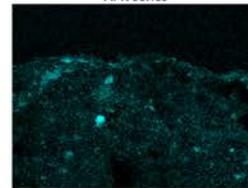
50µm

K K series



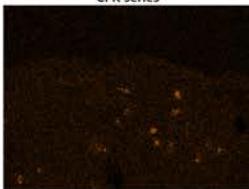
50µm

Al K series



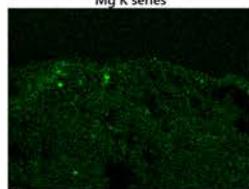
50µm

Cl K series



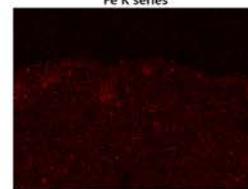
50µm

Mg K series



50µm

Fe K series

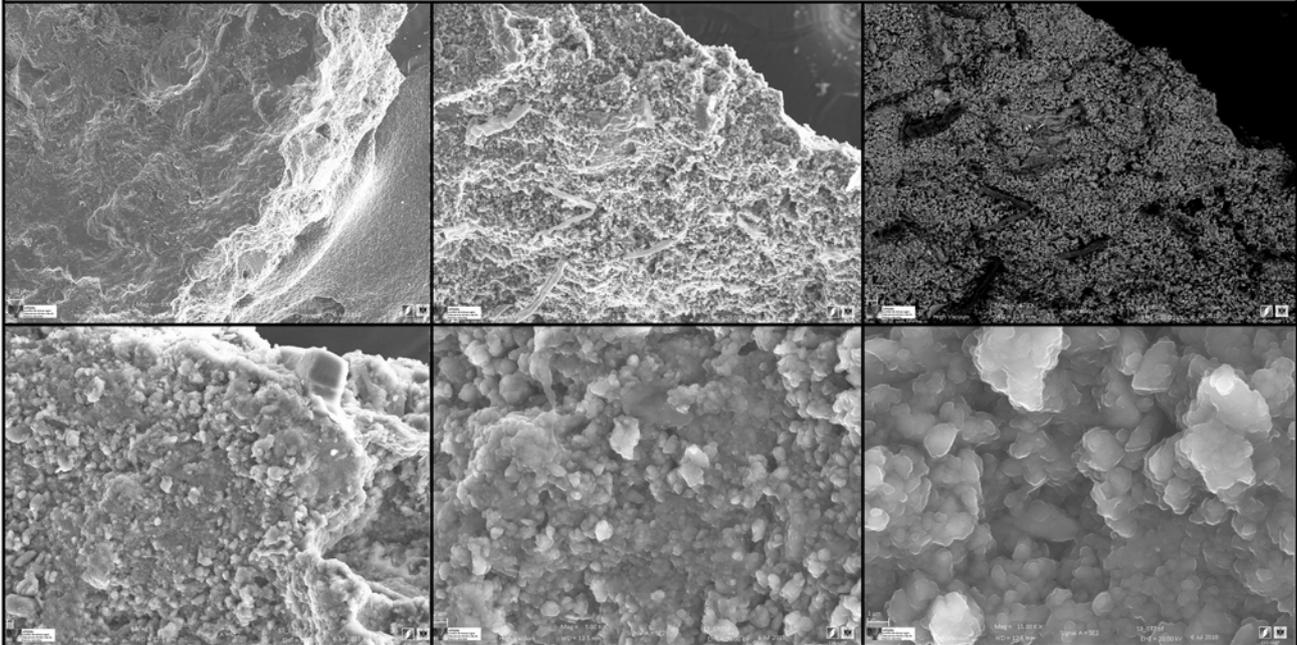


50µm

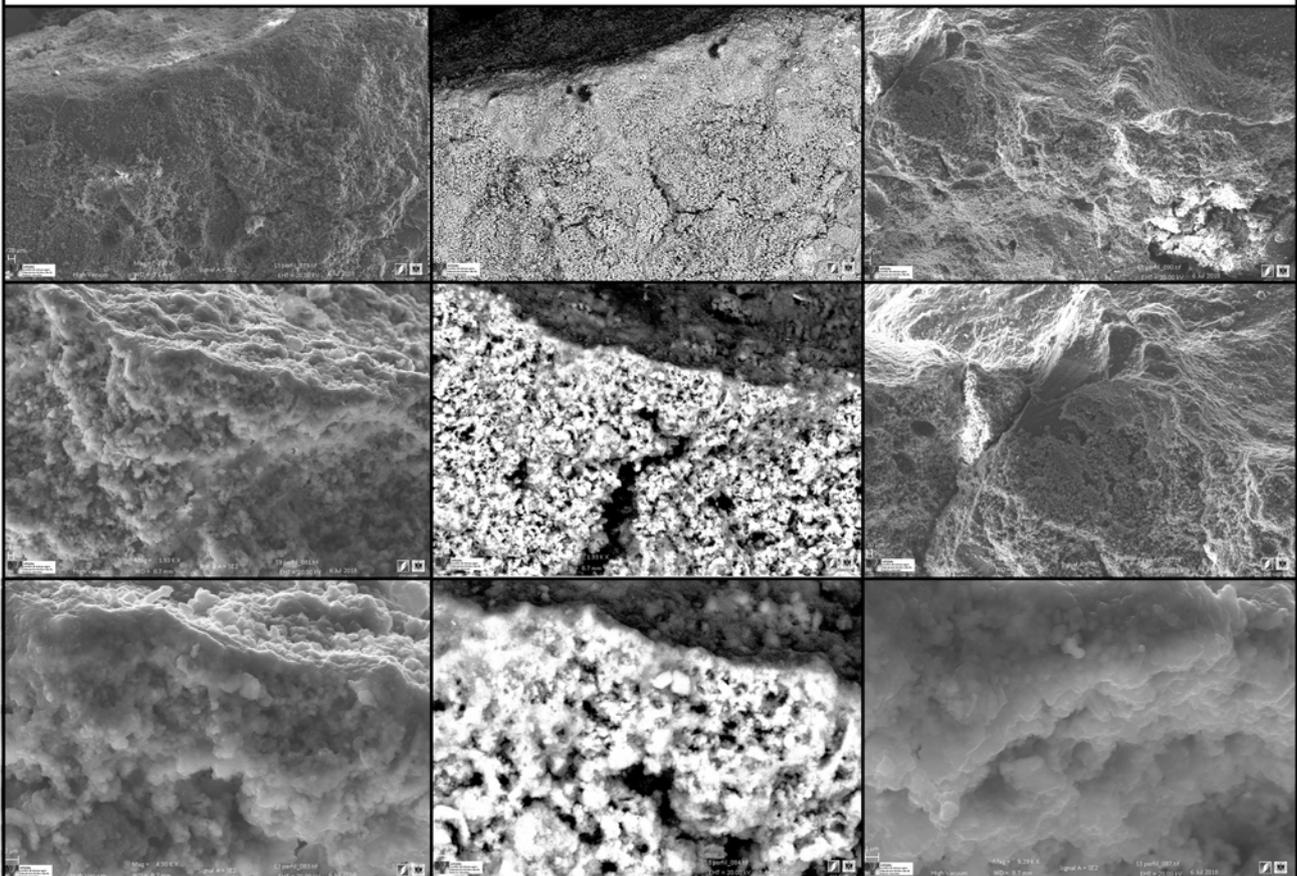
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	TA2	<i>Castulo</i> - época tardoantigua	Carbonatogénesis + <i>impacco</i>

SUPERFICIE

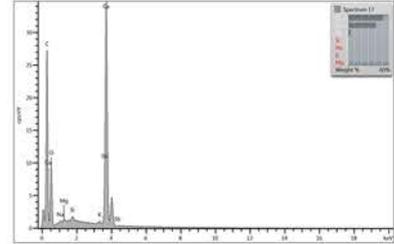
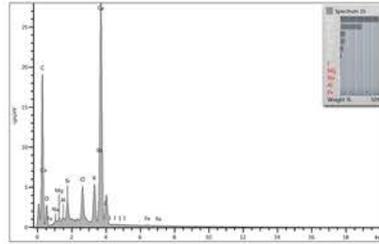
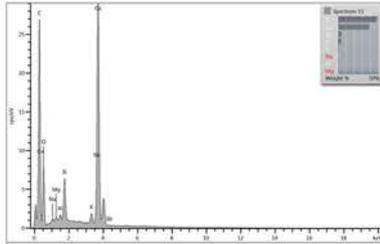
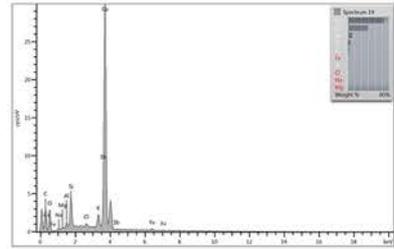
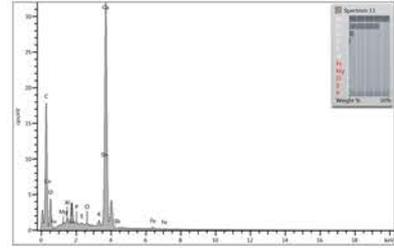
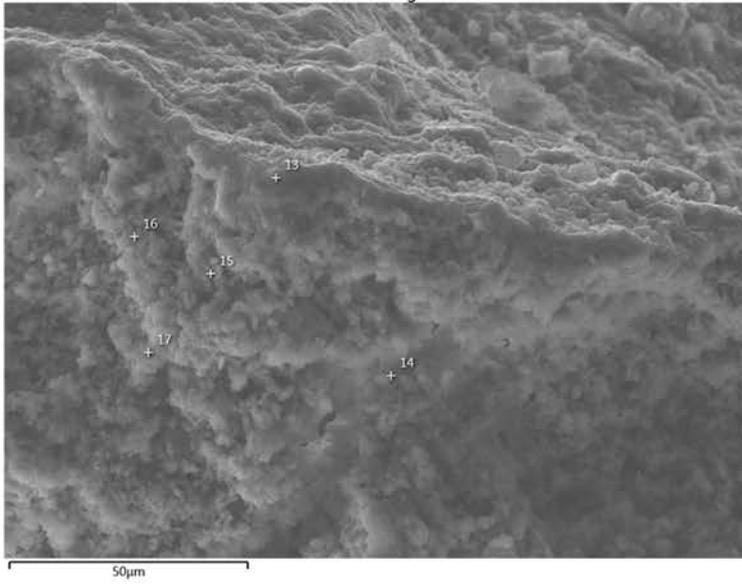


PERFIL

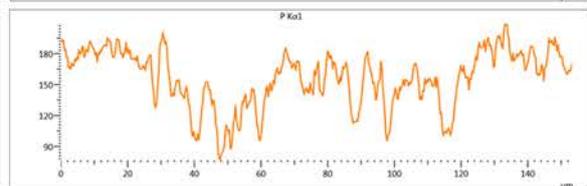
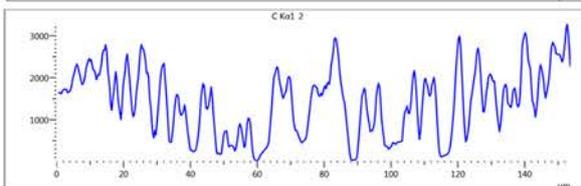
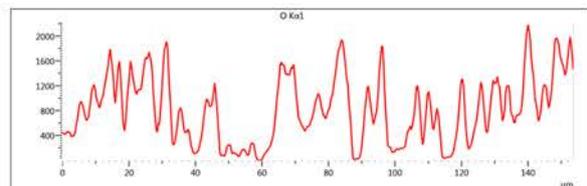
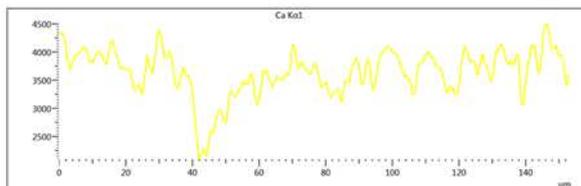
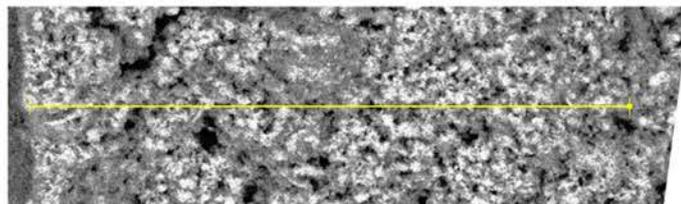


Analisis elemental

Electron Image 9



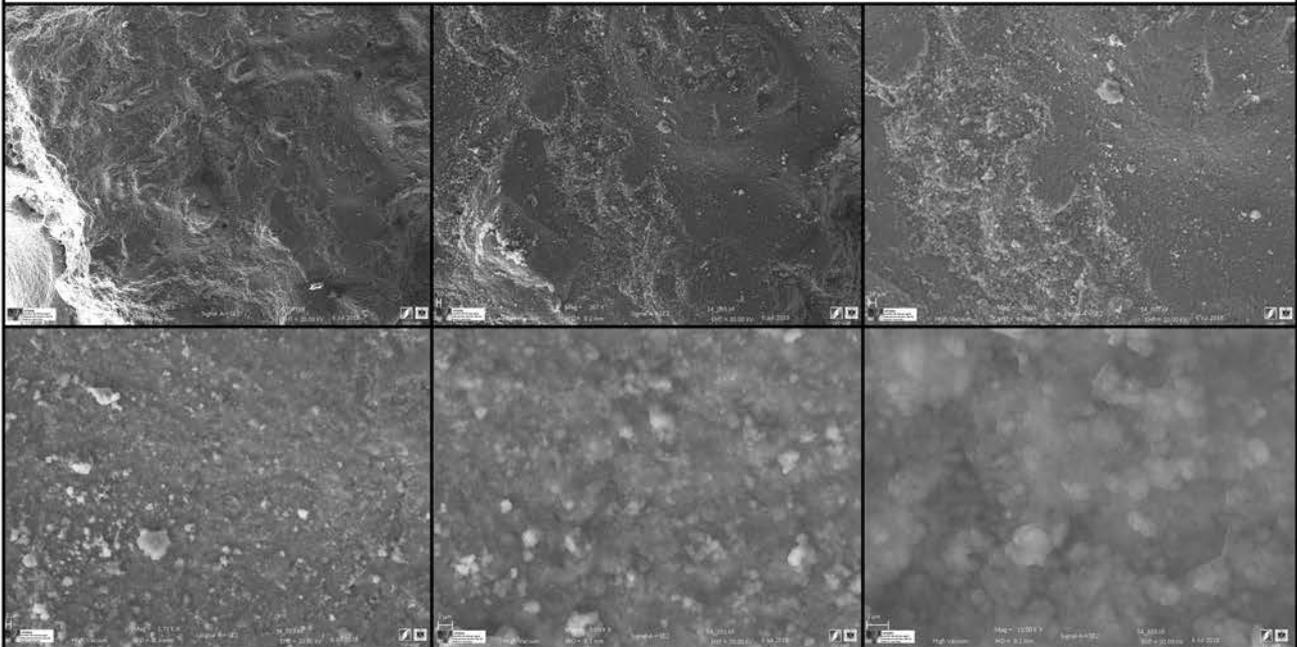
Line profile



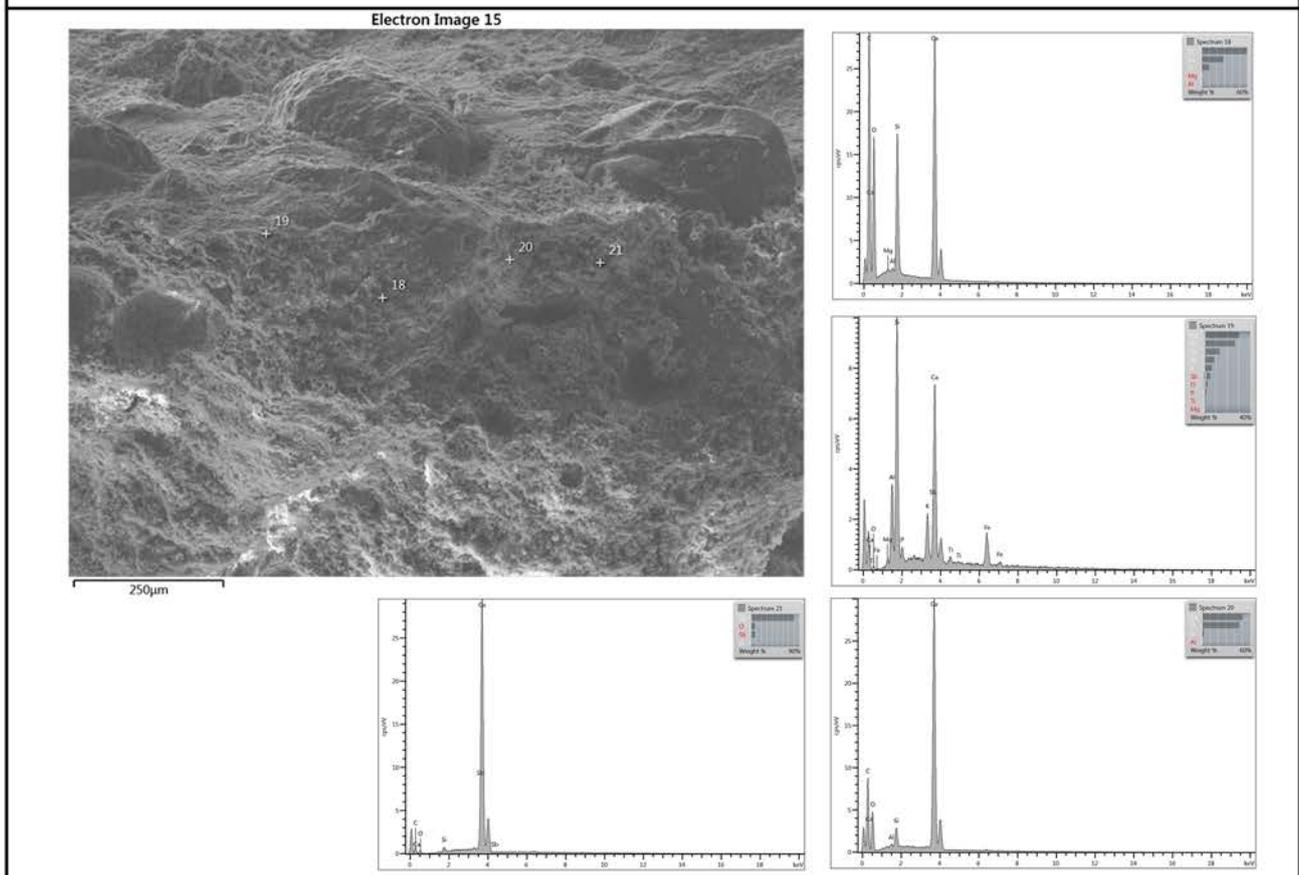
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	TA3	<i>Castulo</i> - época tardoantigua	Paraloid B-72

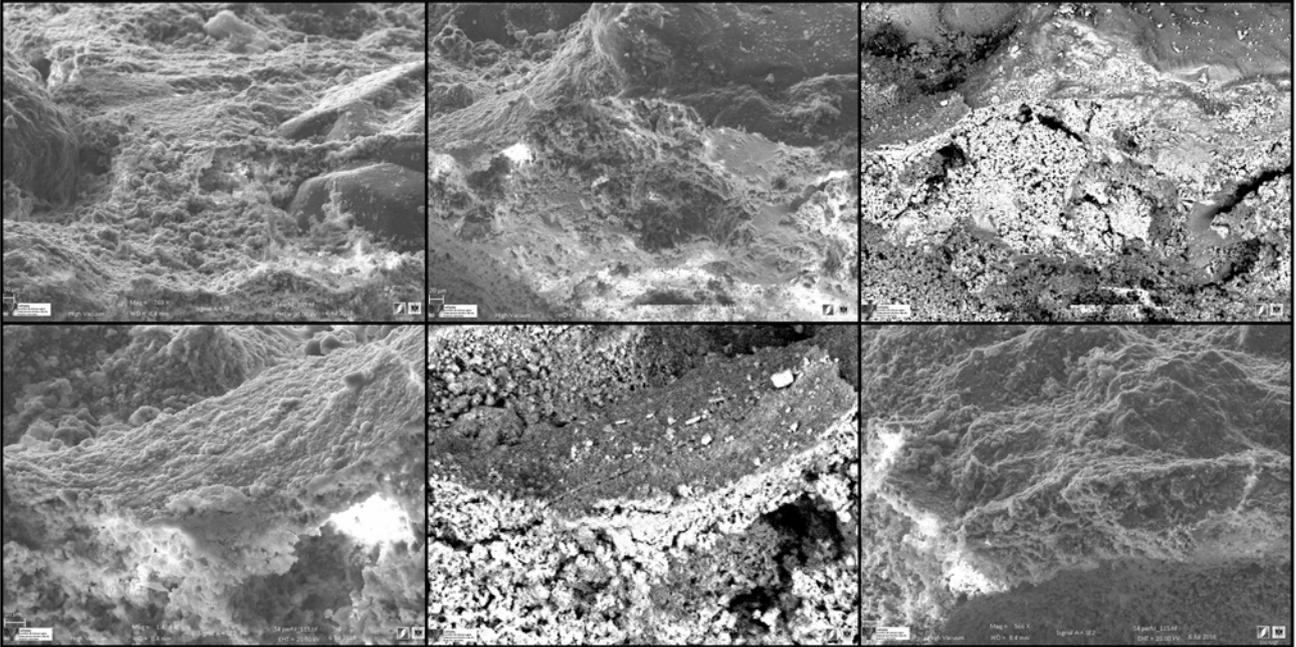
SUPERFICIE



Análisis elemental



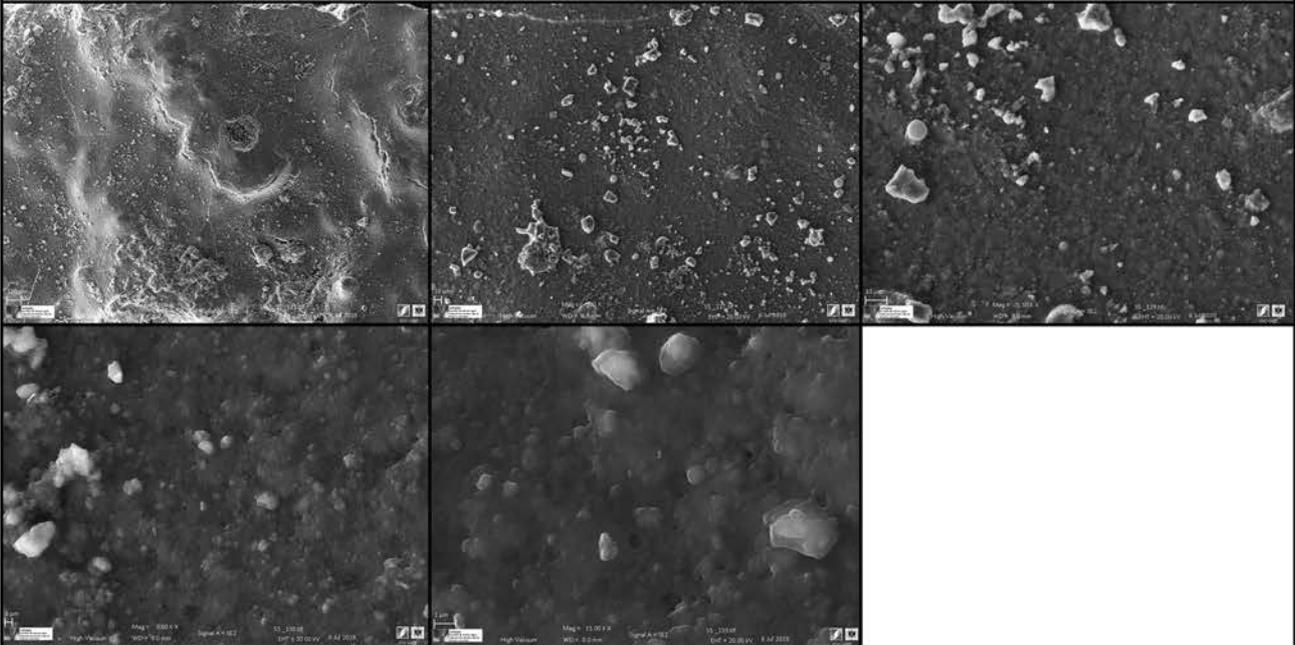
PERFIL



ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

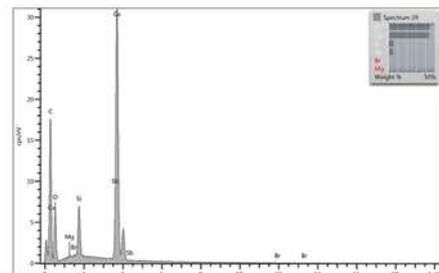
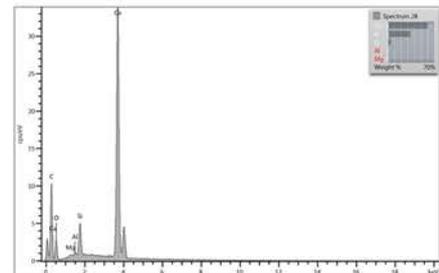
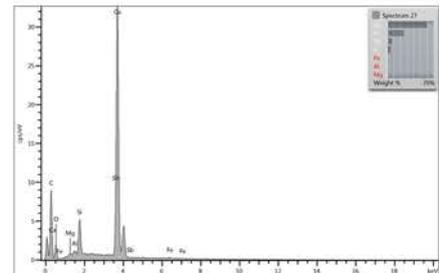
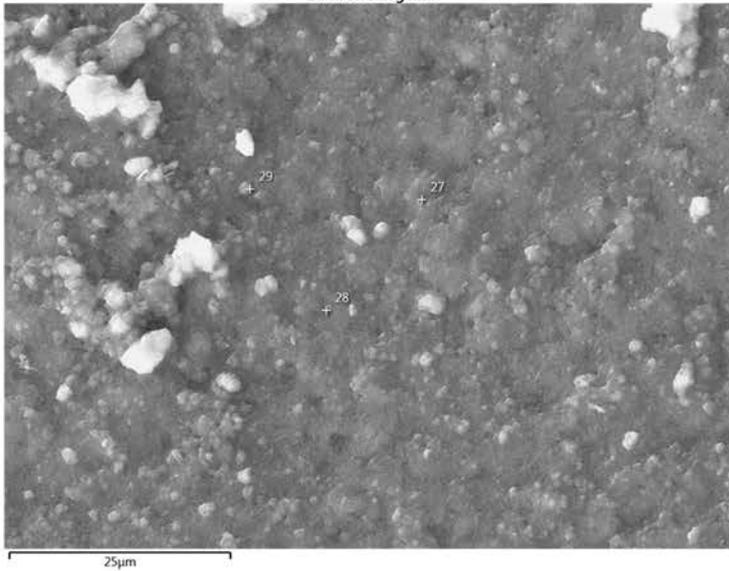
ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	TA4	<i>Castulo</i> - época tardoantigua	Estel 1000

SUPERFICIE

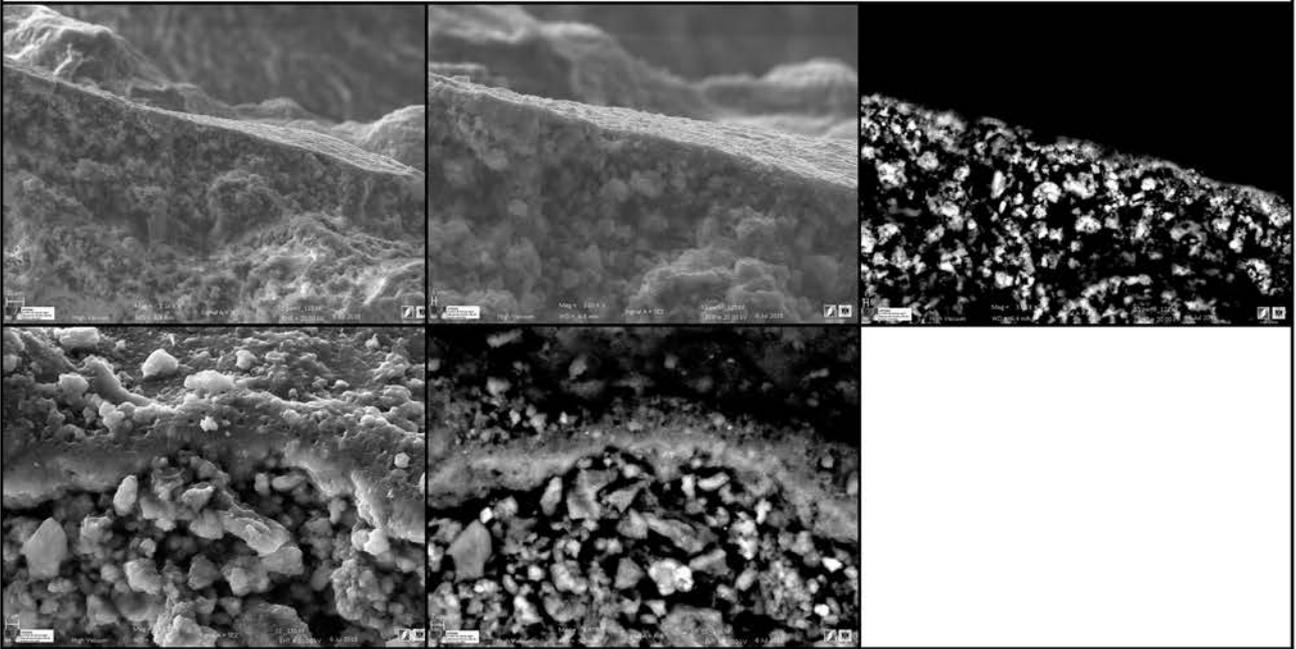


Análisis elemental

Electron Image 19

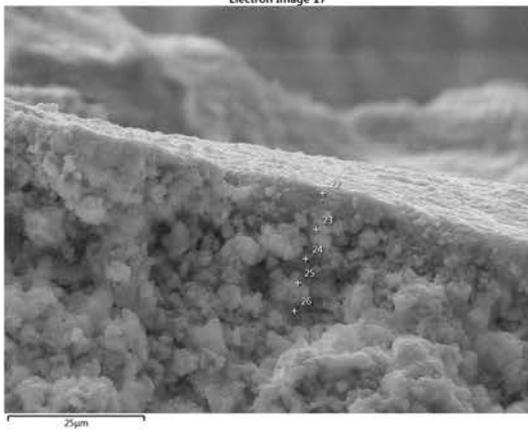


PERFIL

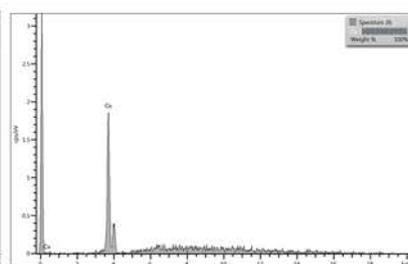
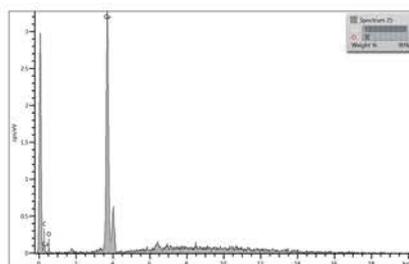
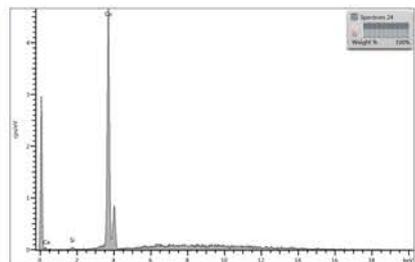
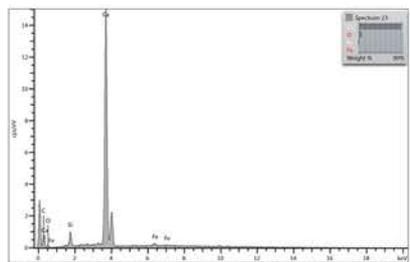
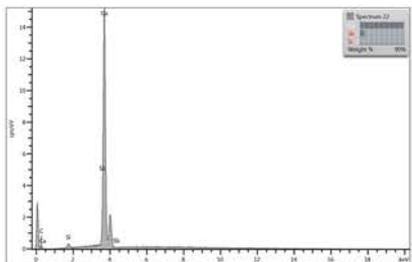
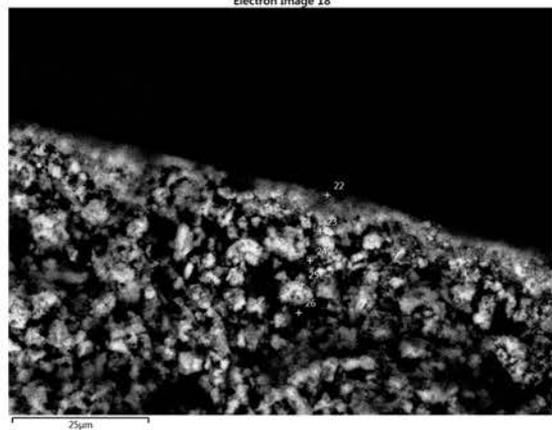


Análisis elemental

Electron Image 17



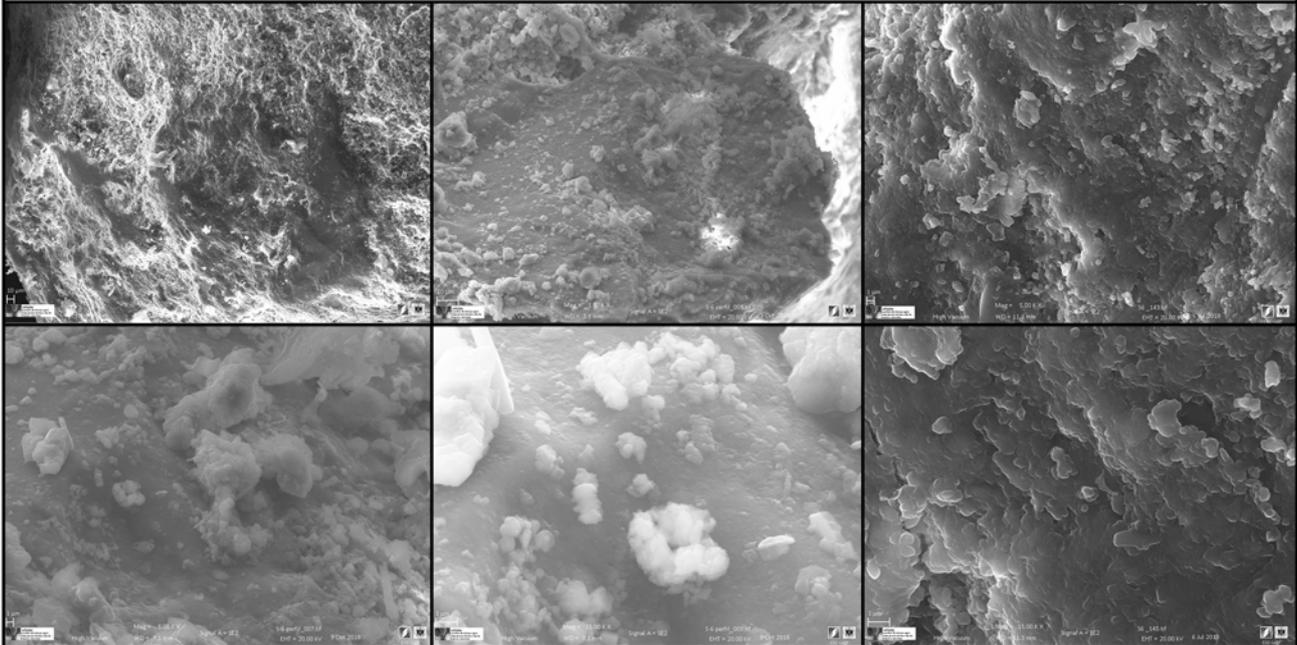
Electron Image 18



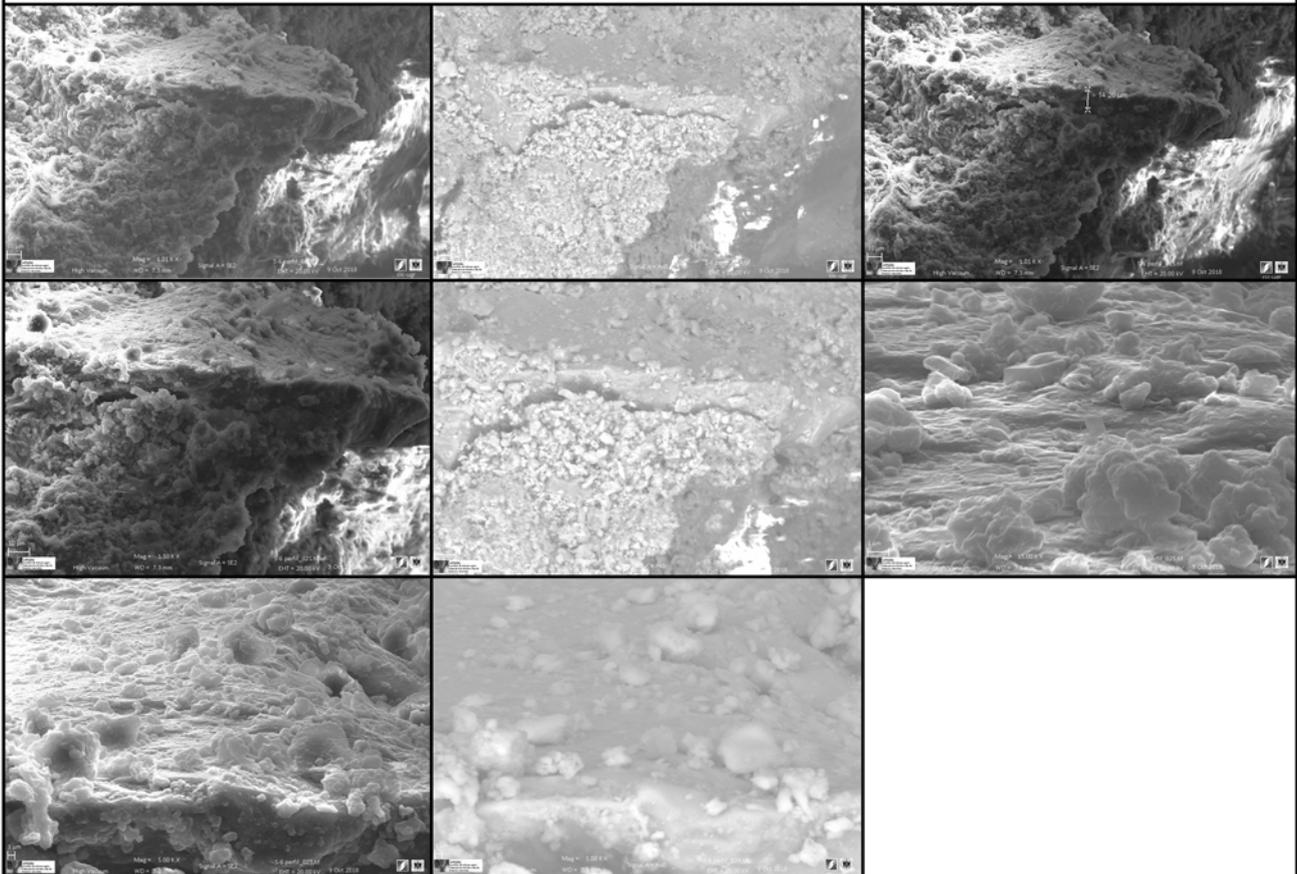
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	TA5	<i>Castulo - época tardoantigua</i>	Nano estel

SUPERFICIE

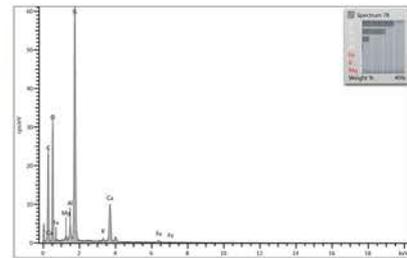
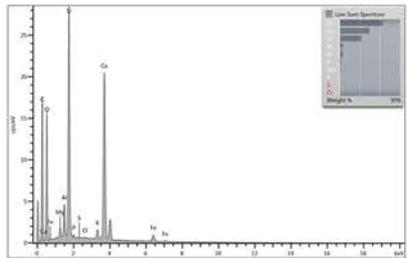
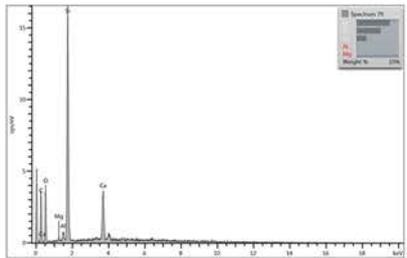
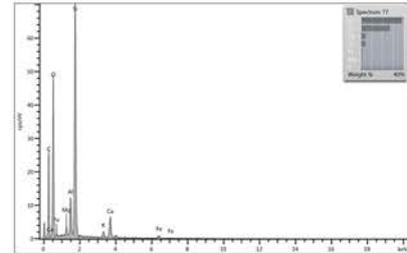
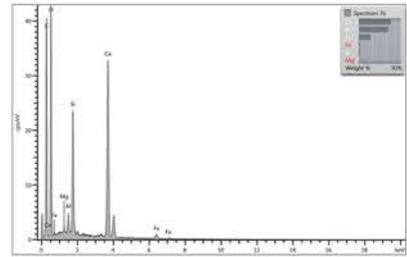
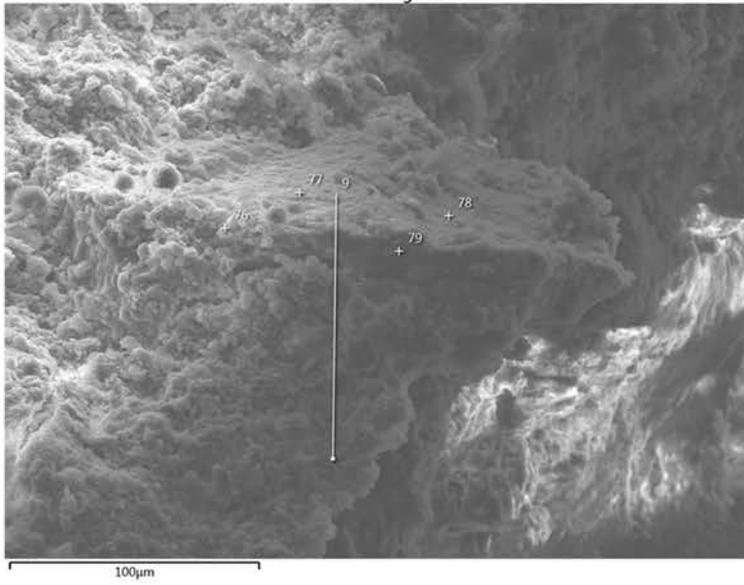


PERFIL

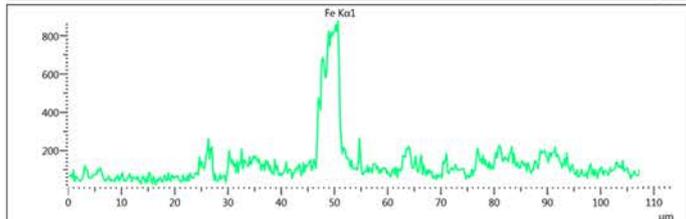
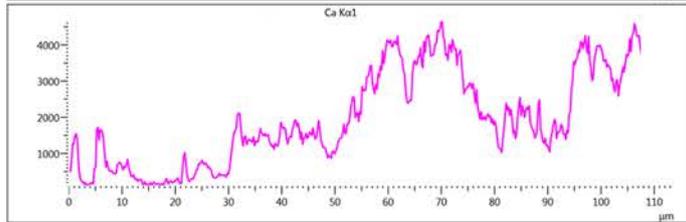
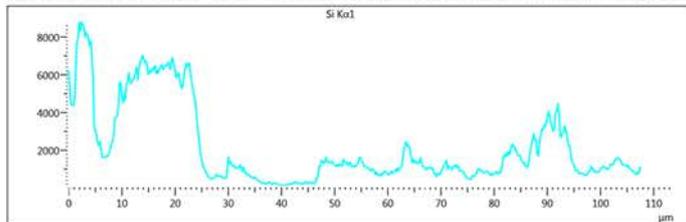
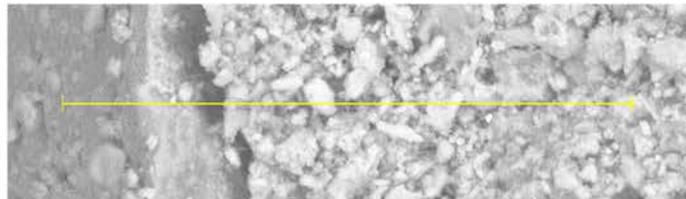


Analisis elemental

Electron Image 51



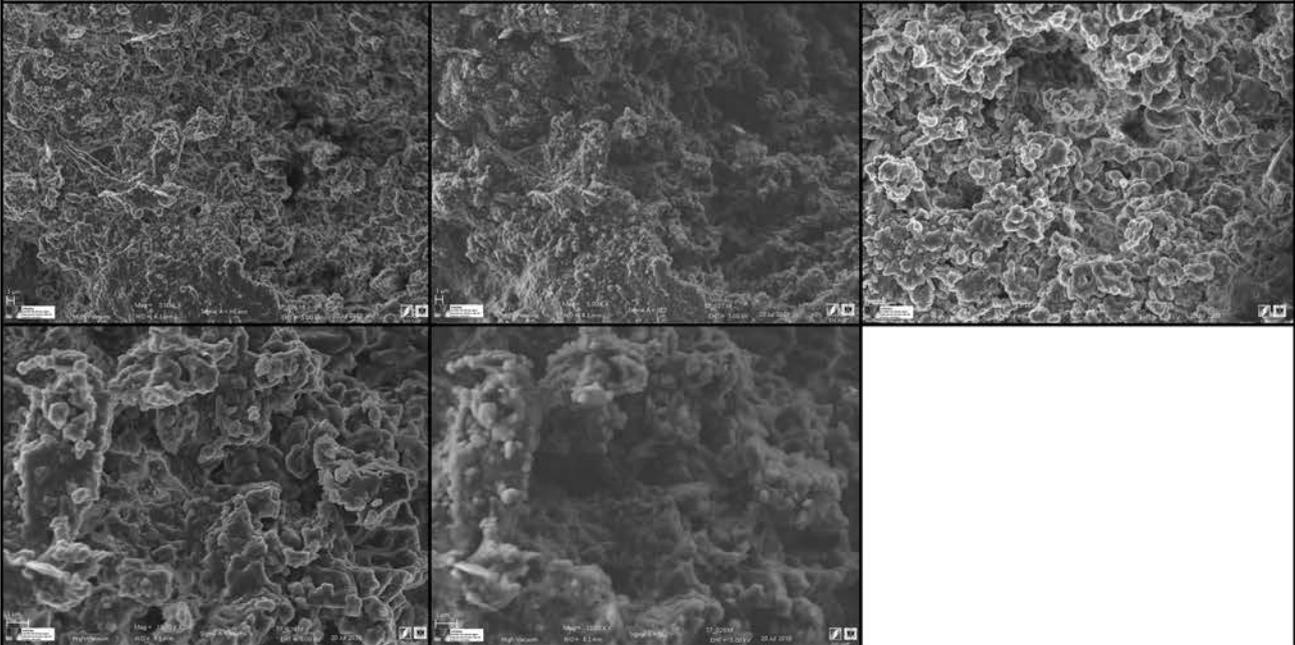
Line profile



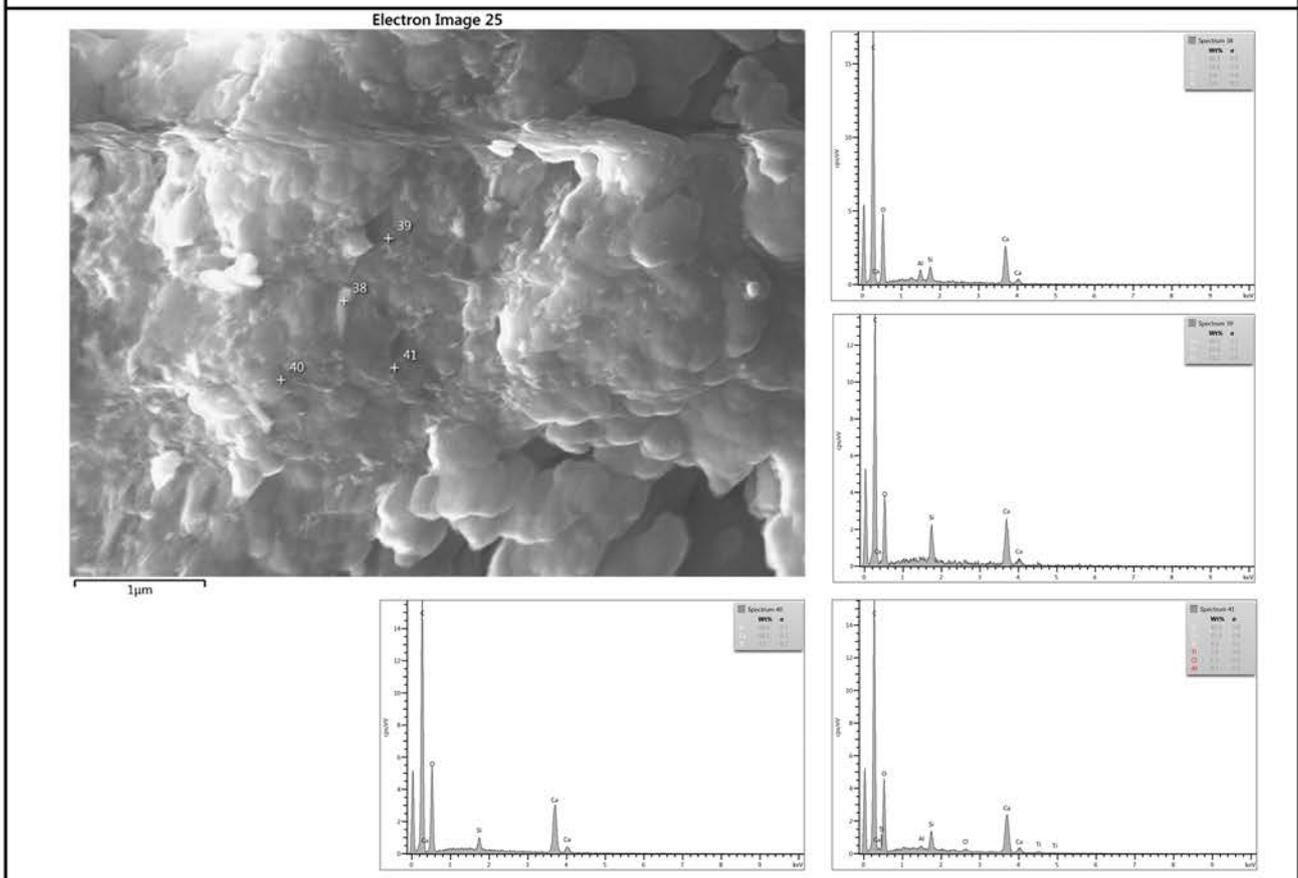
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	TA6	<i>Castulo</i> - época tardoantigua	Nanorestore

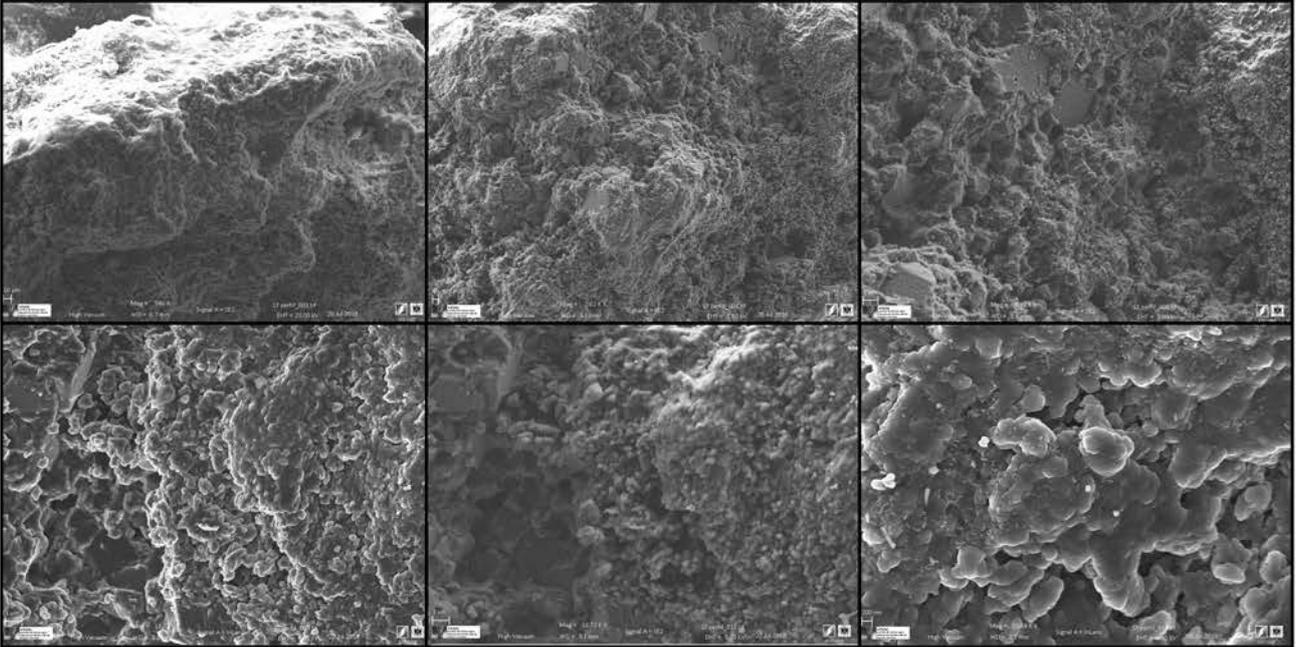
SUPERFICIE



Análisis elemental

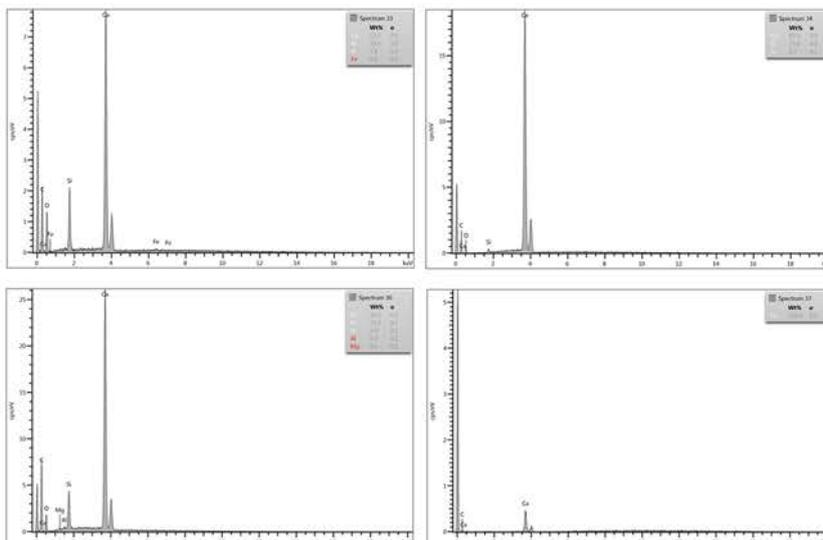
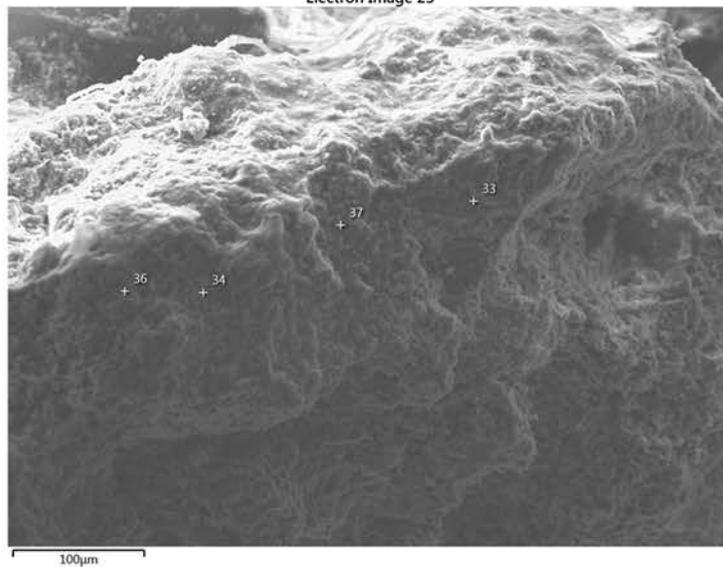


PERFIL



Análisis elemental

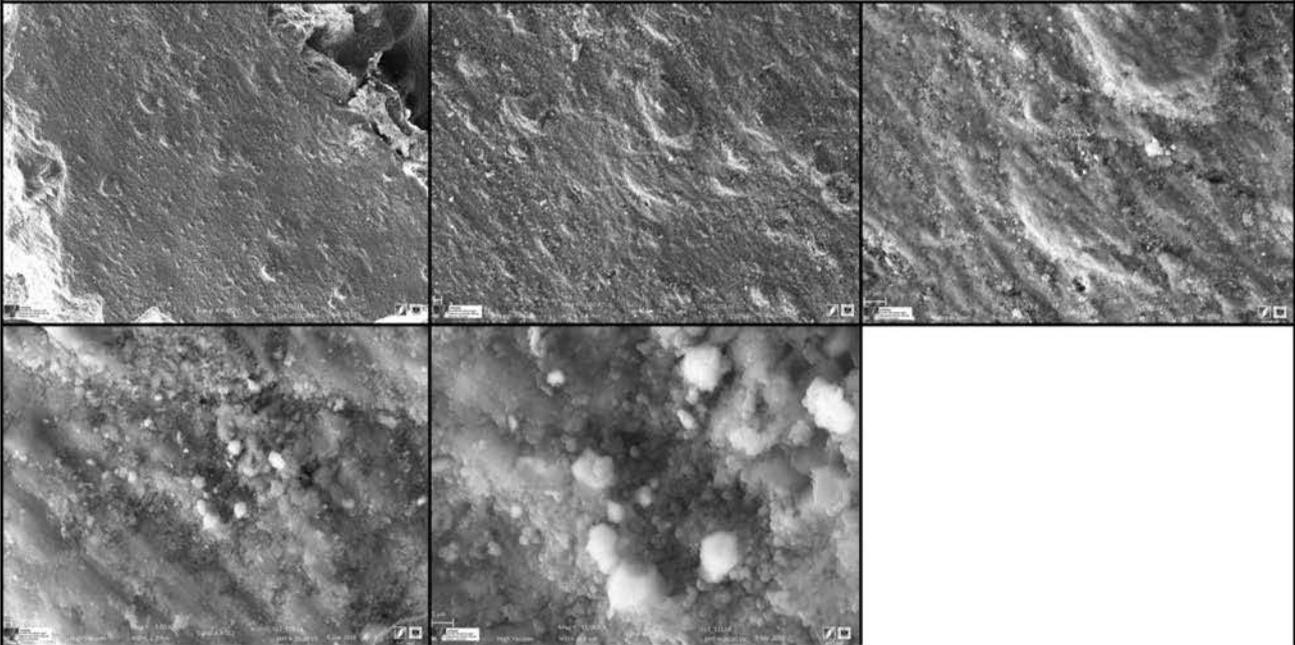
Electron Image 23



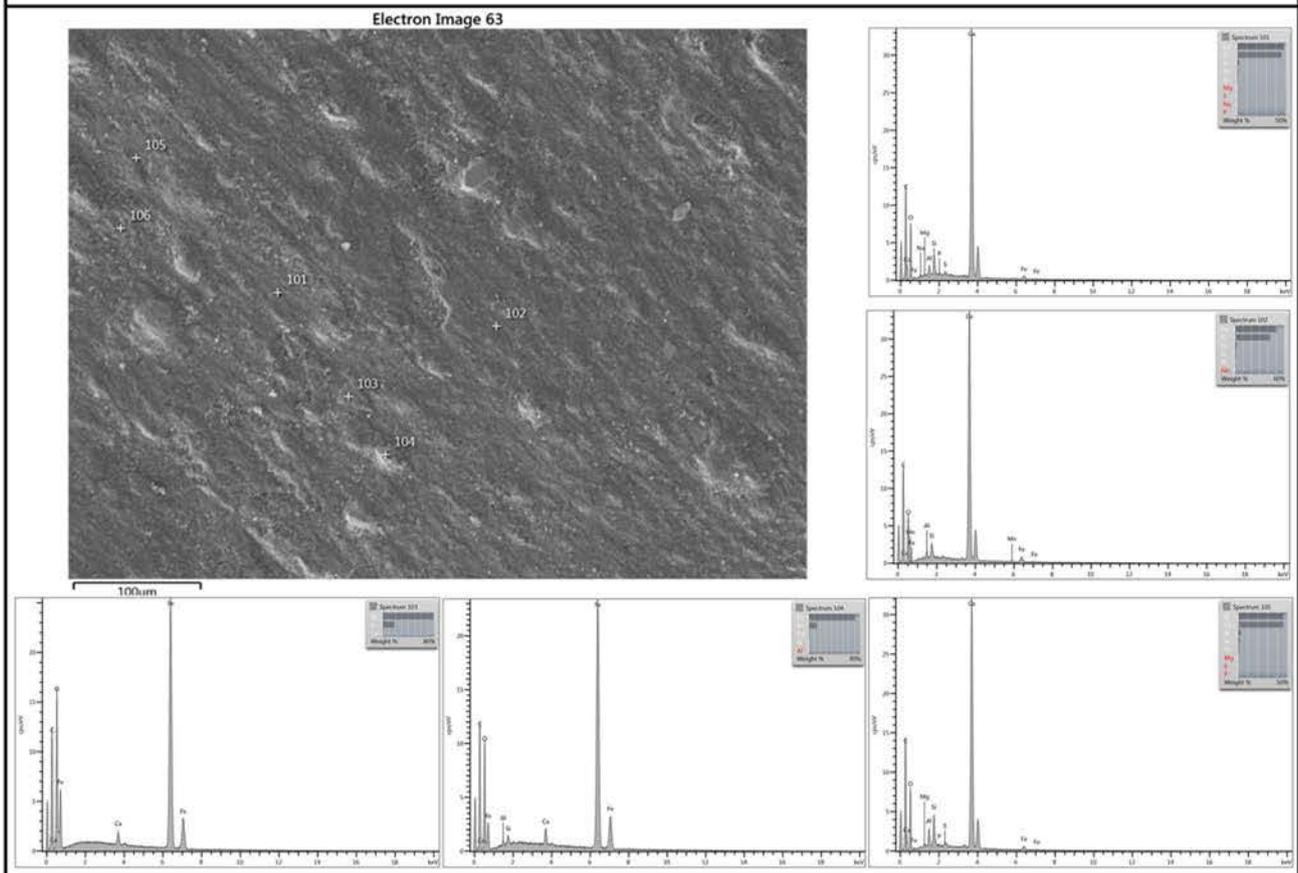
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	PIT7	Córdoba - época romana	Testigo

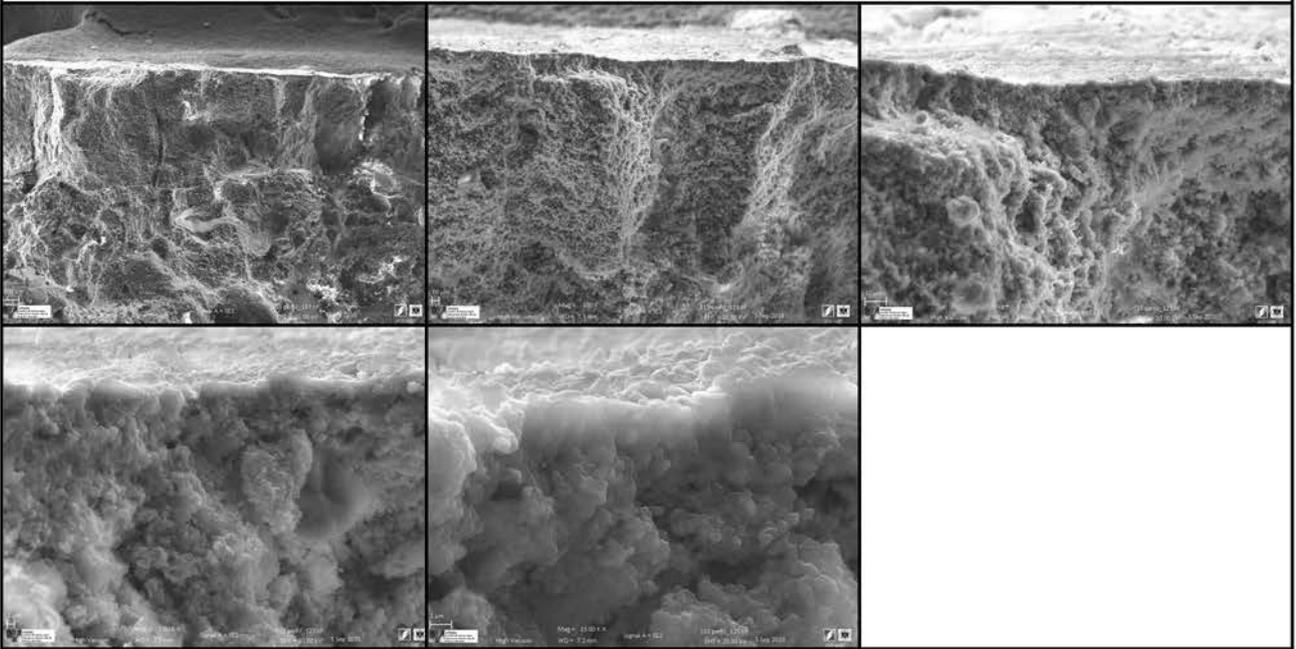
SUPERFICIE



Análisis elemental

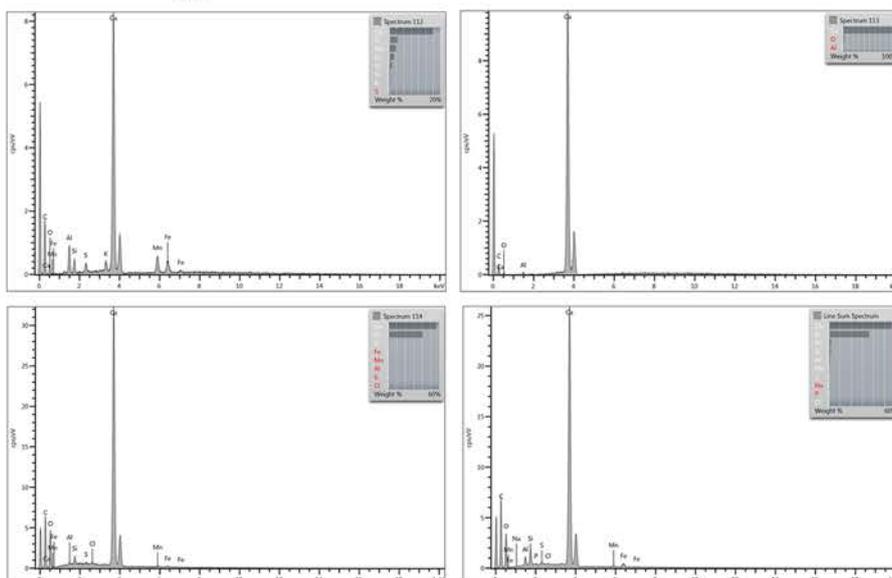
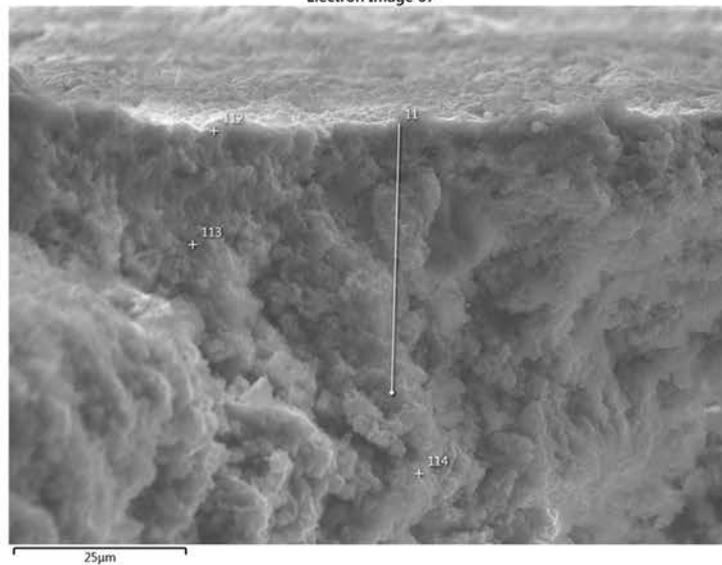


PERFIL



Análisis elemental

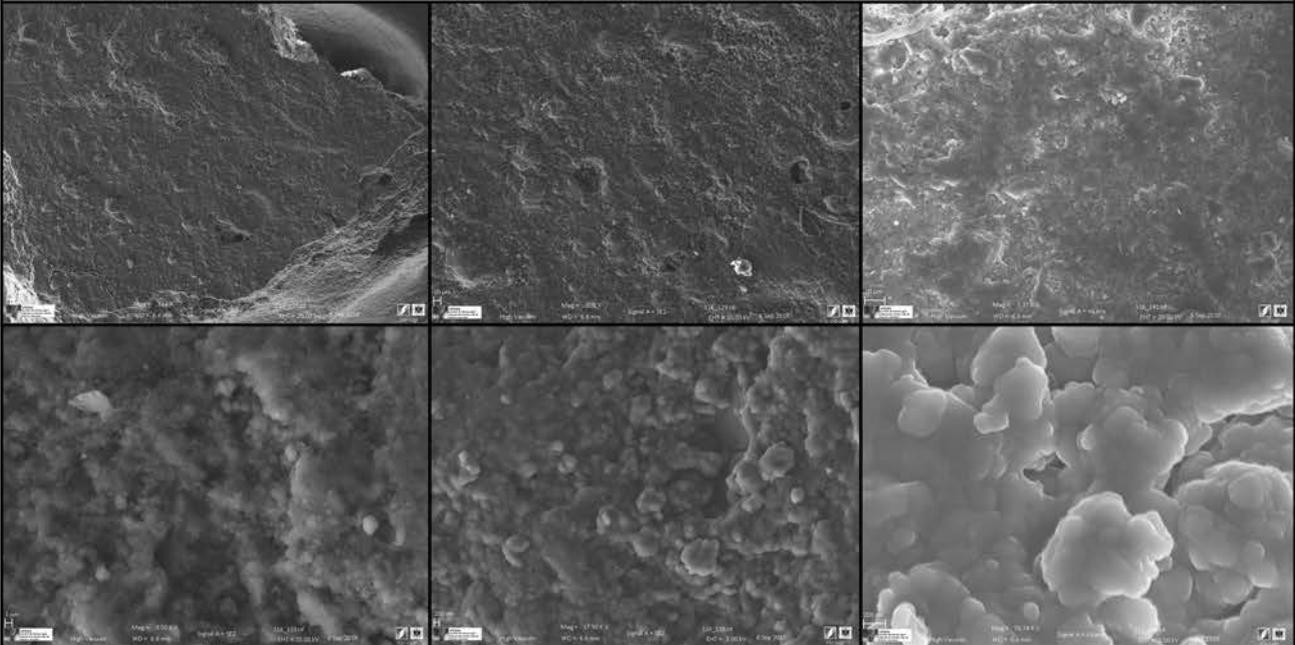
Electron Image 67



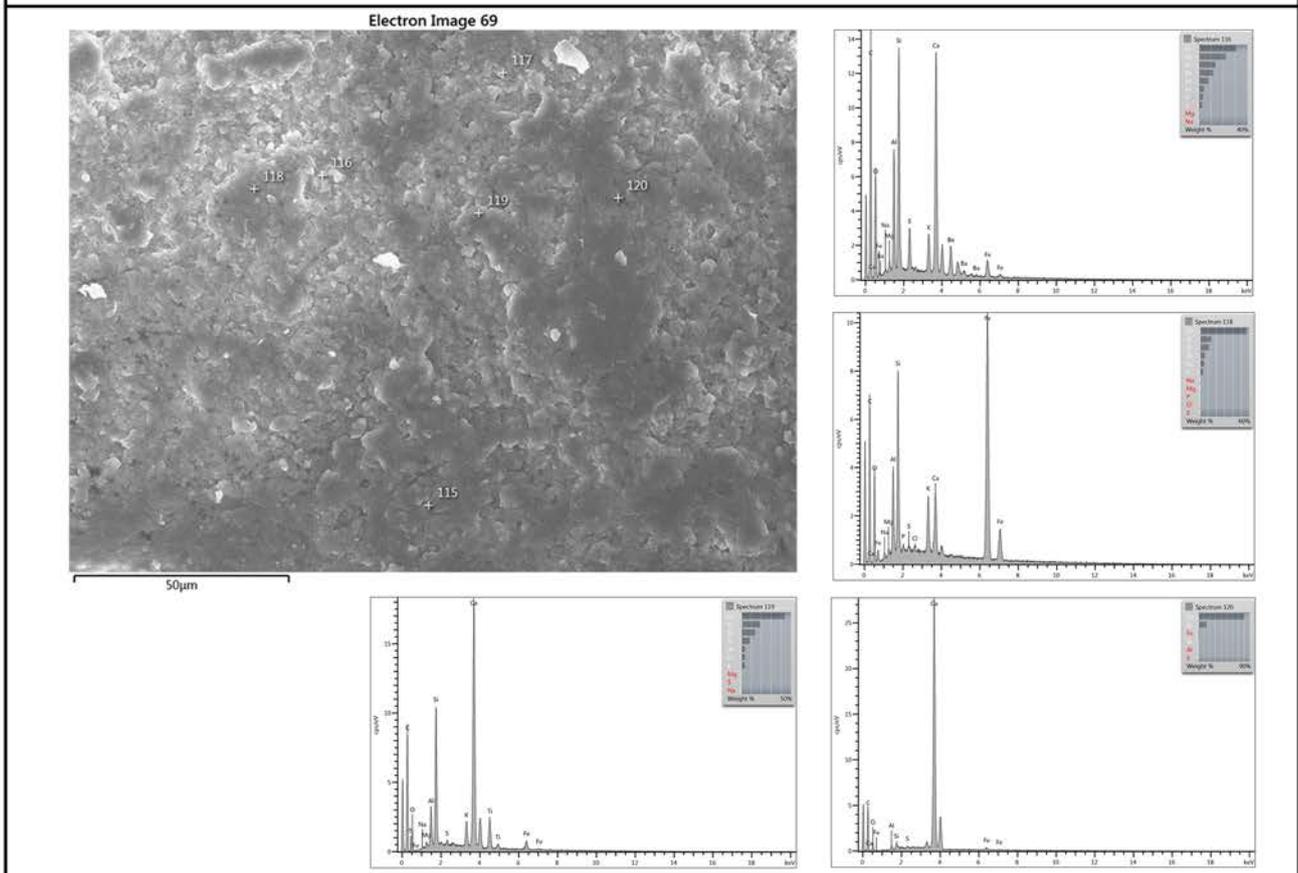
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	PIT1	Córdoba - época romana	Carbonatogénesis

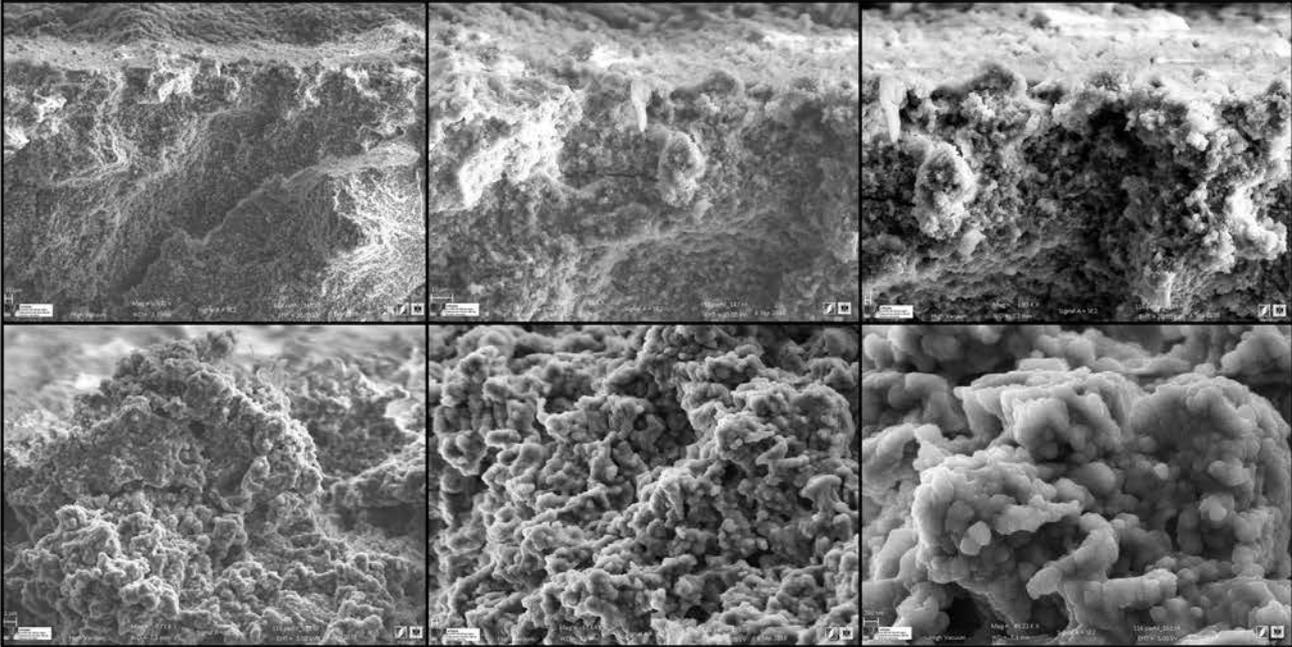
SUPERFICIE



Análisis elemental

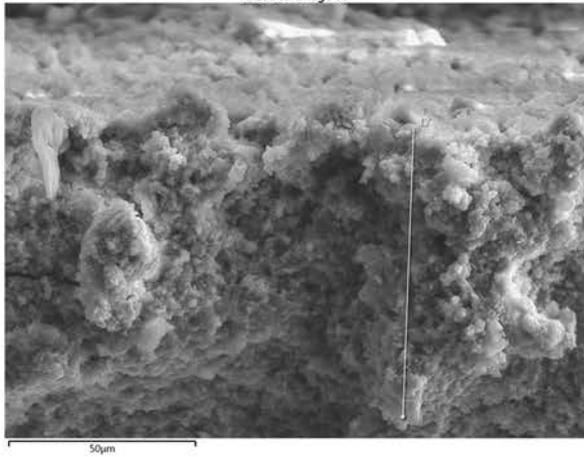


PERFIL

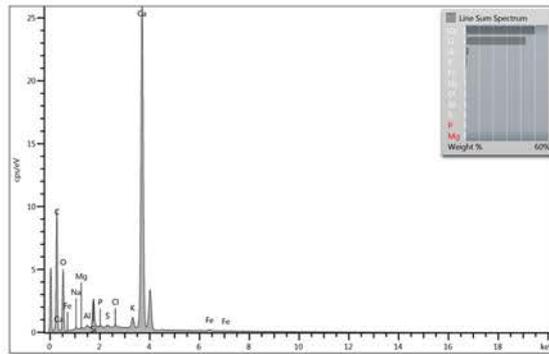
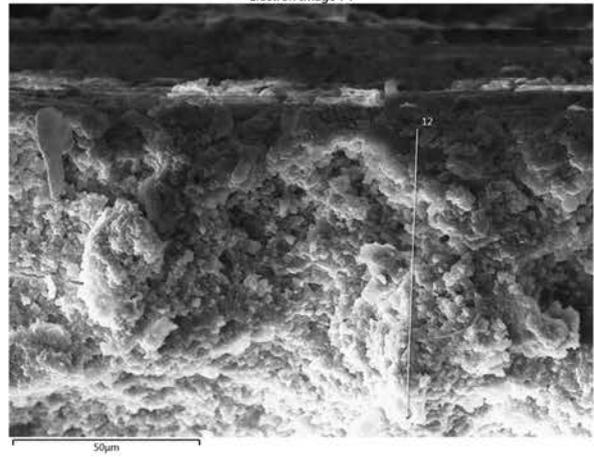


Análisis elemental

Electron Image 73



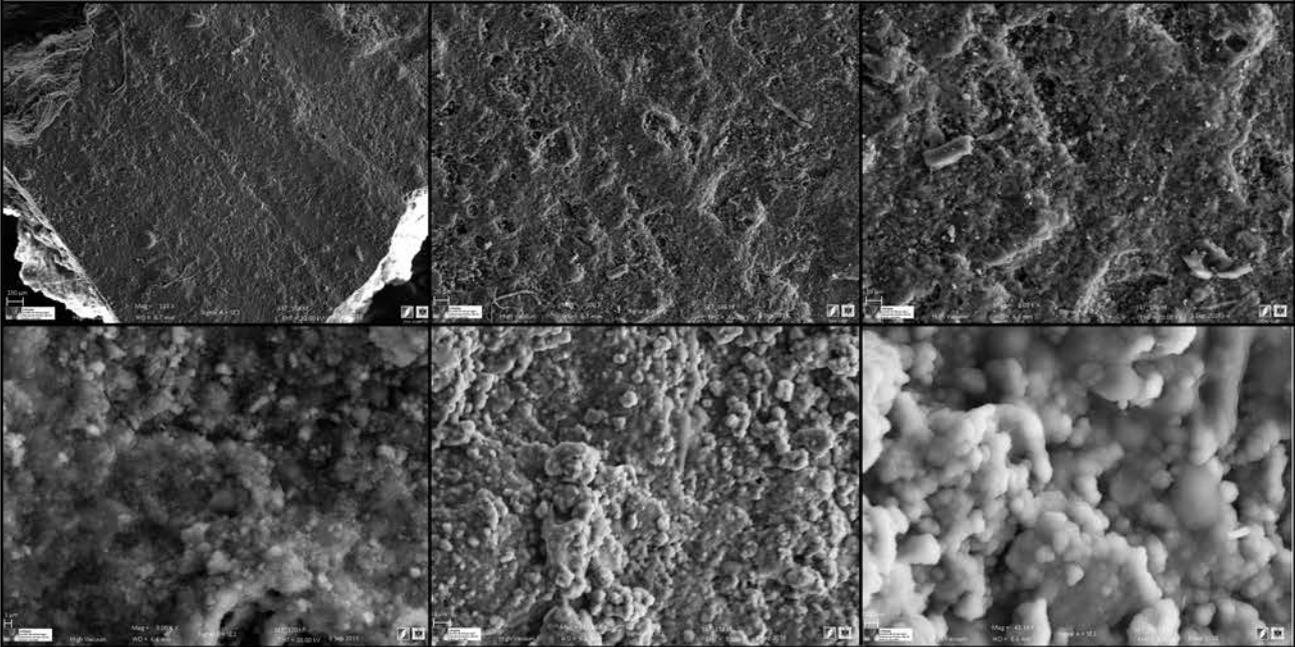
Electron Image 74



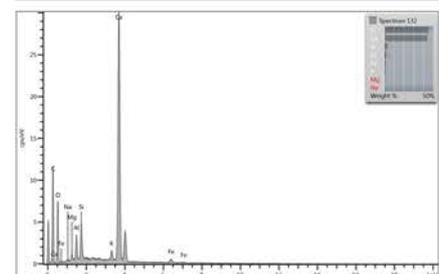
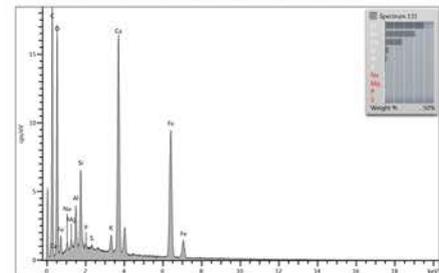
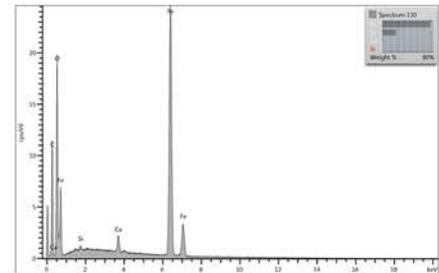
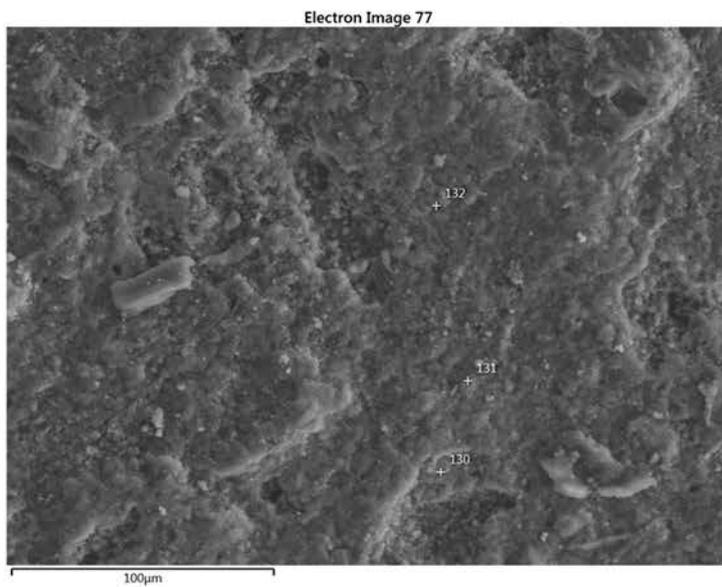
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	PIT2	Córdoba - época romana	Carbonatogénesis + <i>impacco</i>

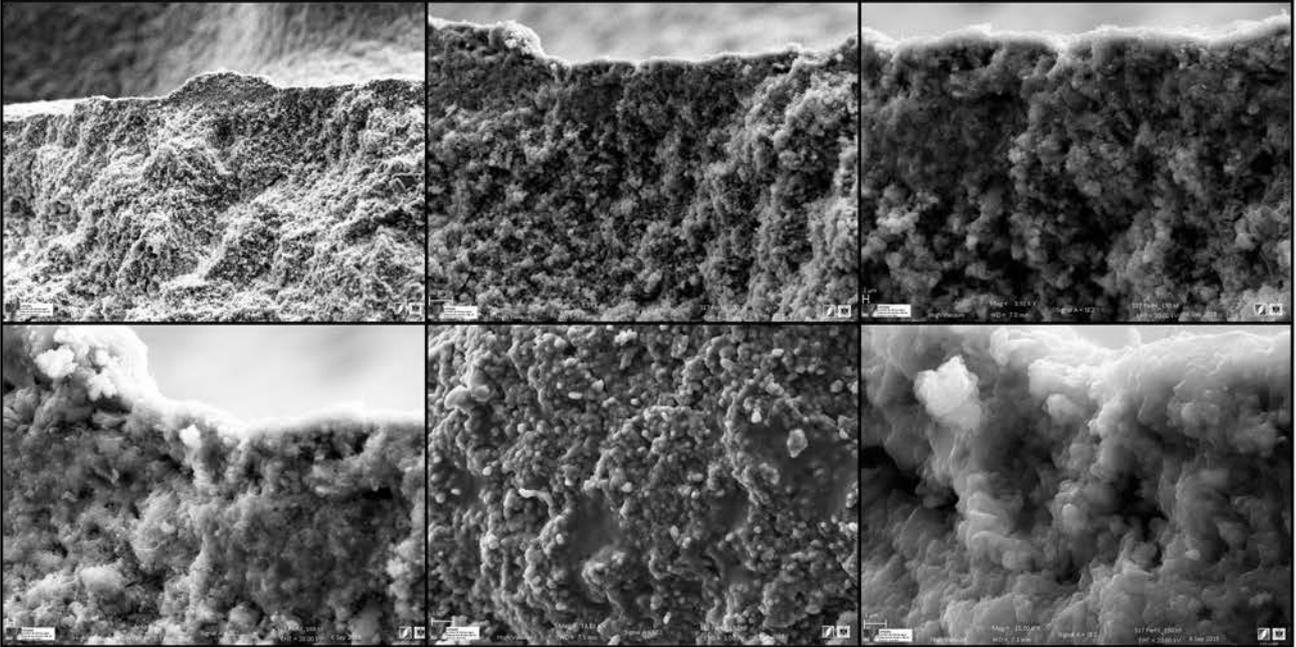
SUPERFICIE



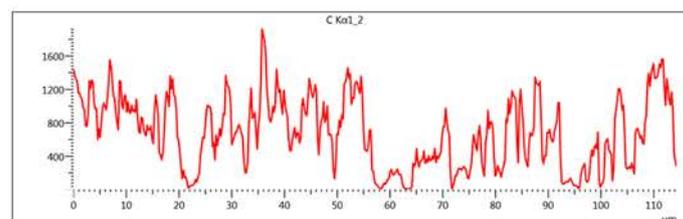
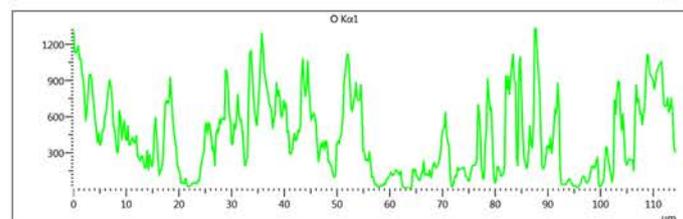
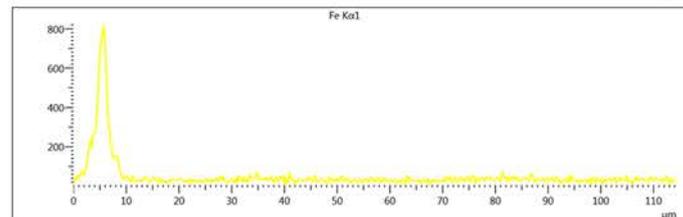
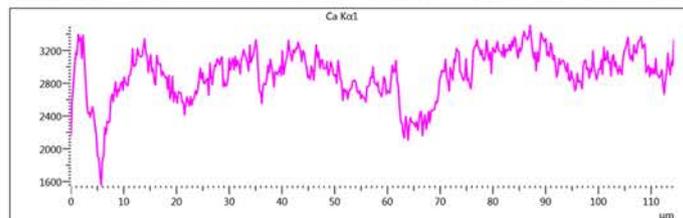
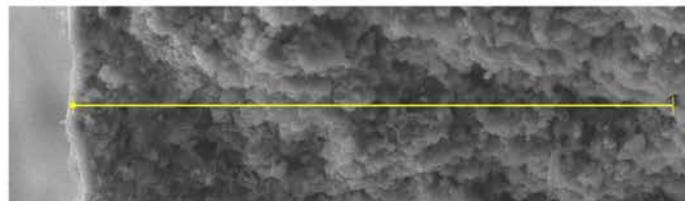
Análisis elemental



PERFIL



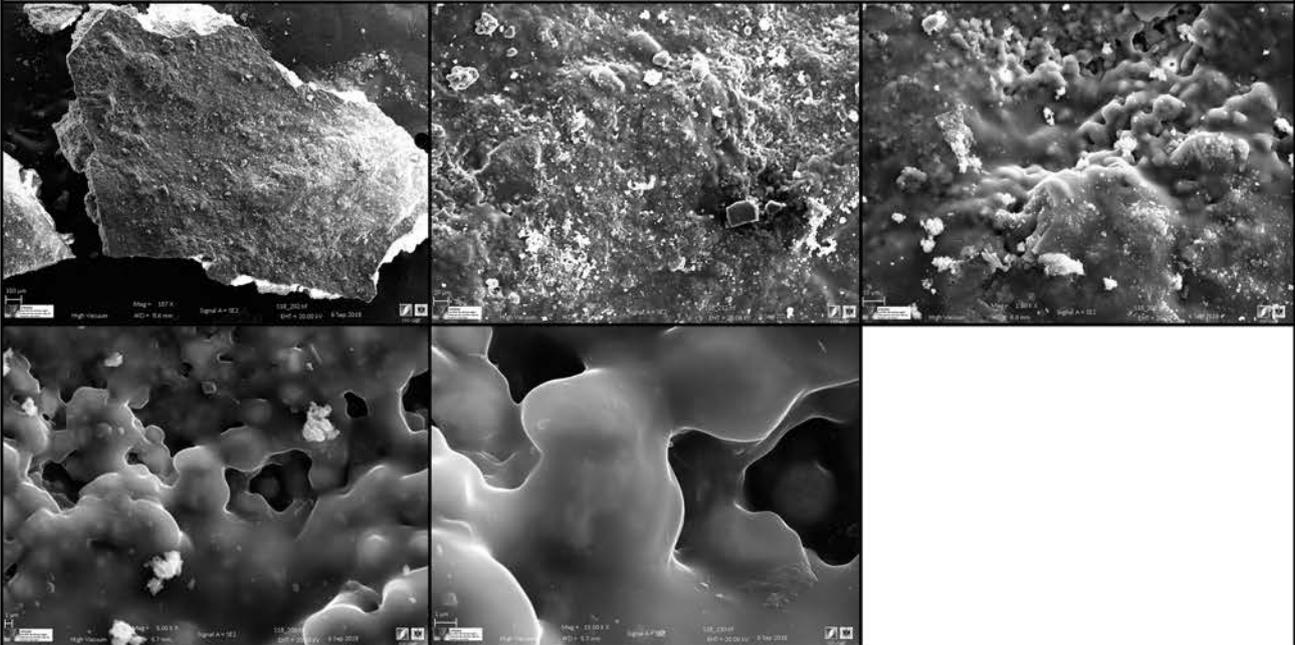
Line profile



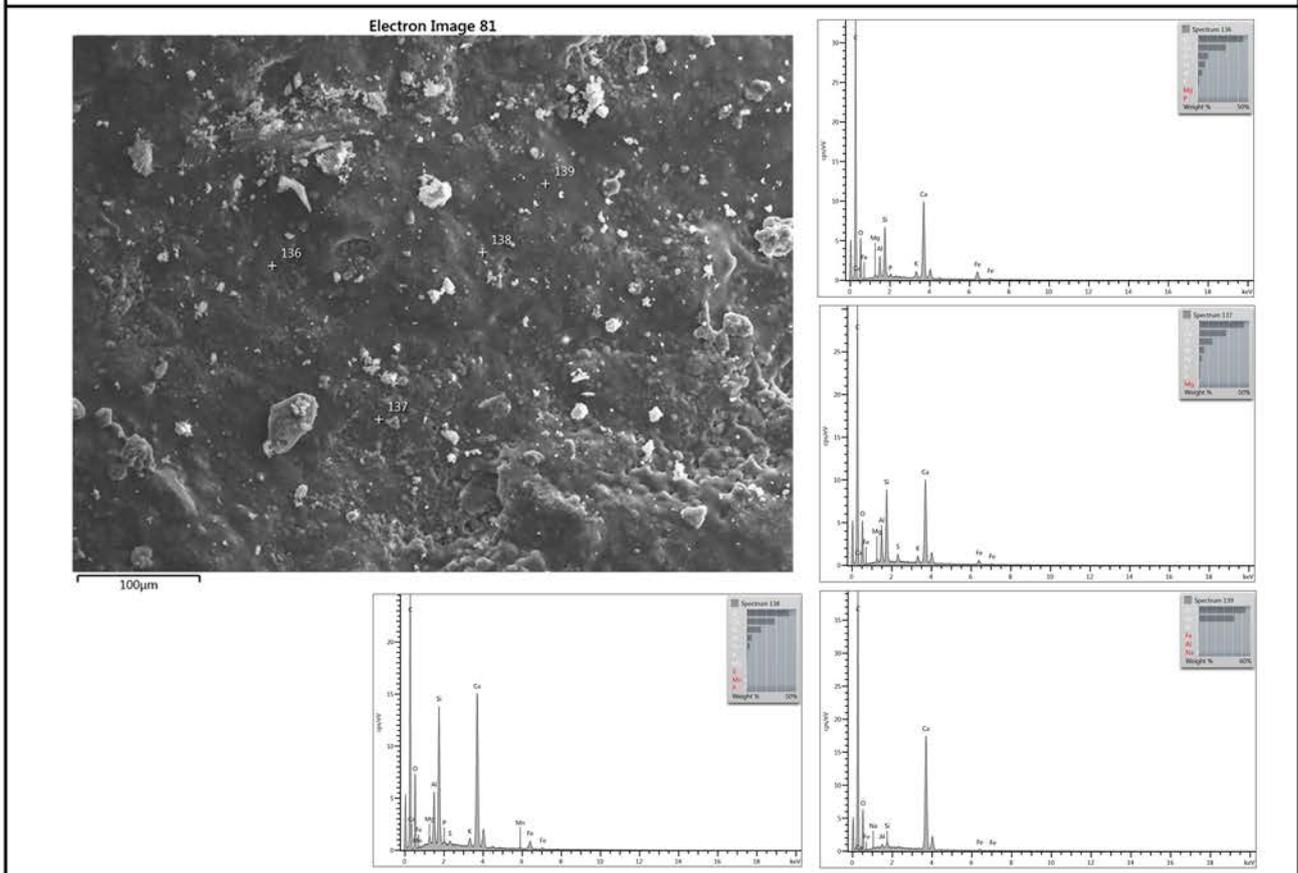
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	PIT3	Córdoba - época romana	Paraloid B72

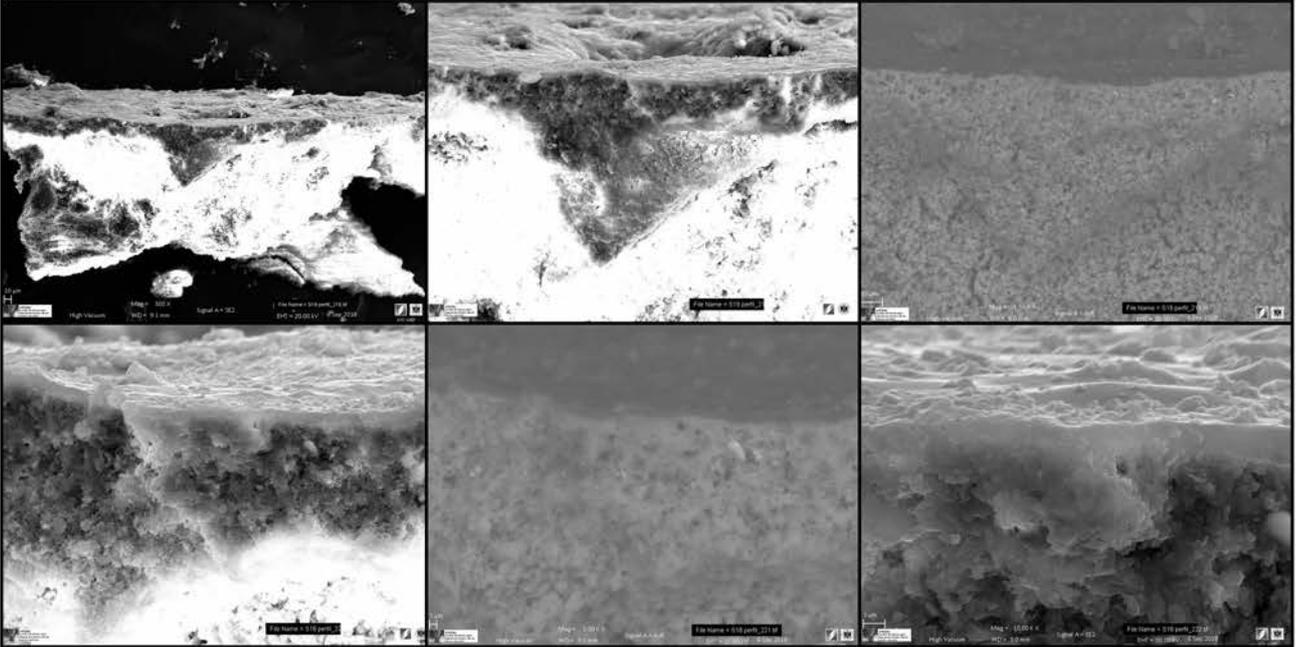
SUPERFICIE



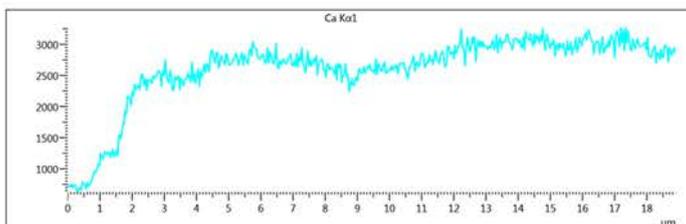
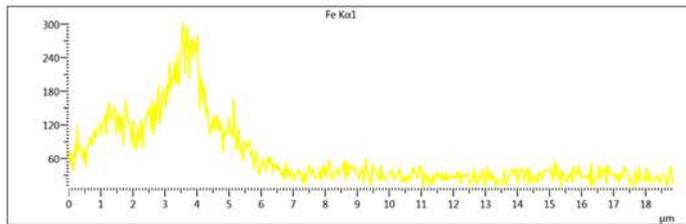
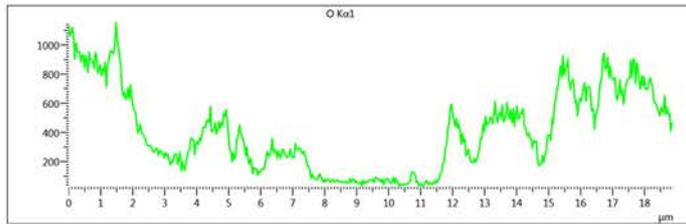
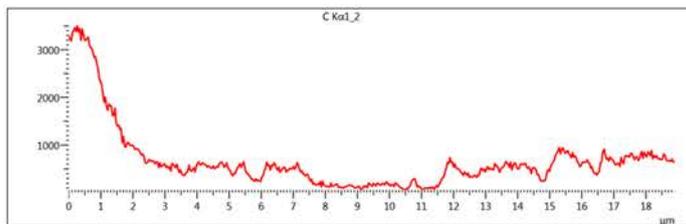
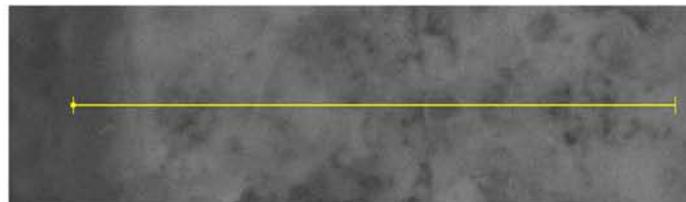
Análisis elemental



PERFIL



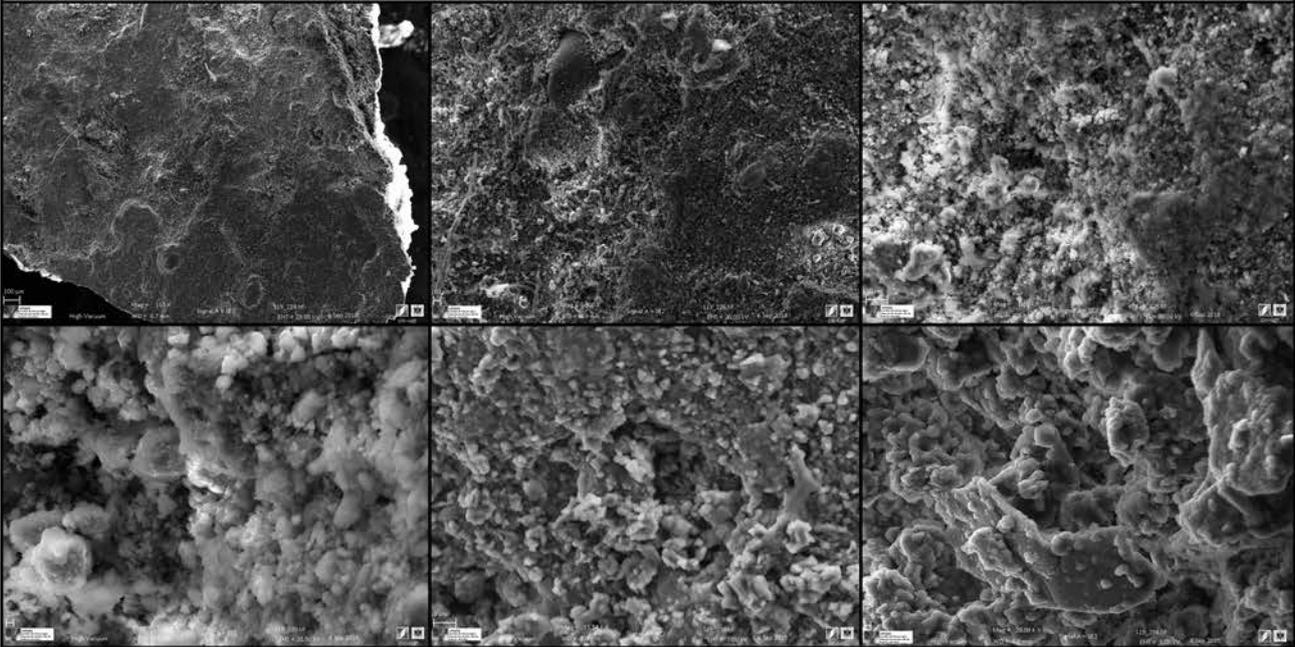
Line profile



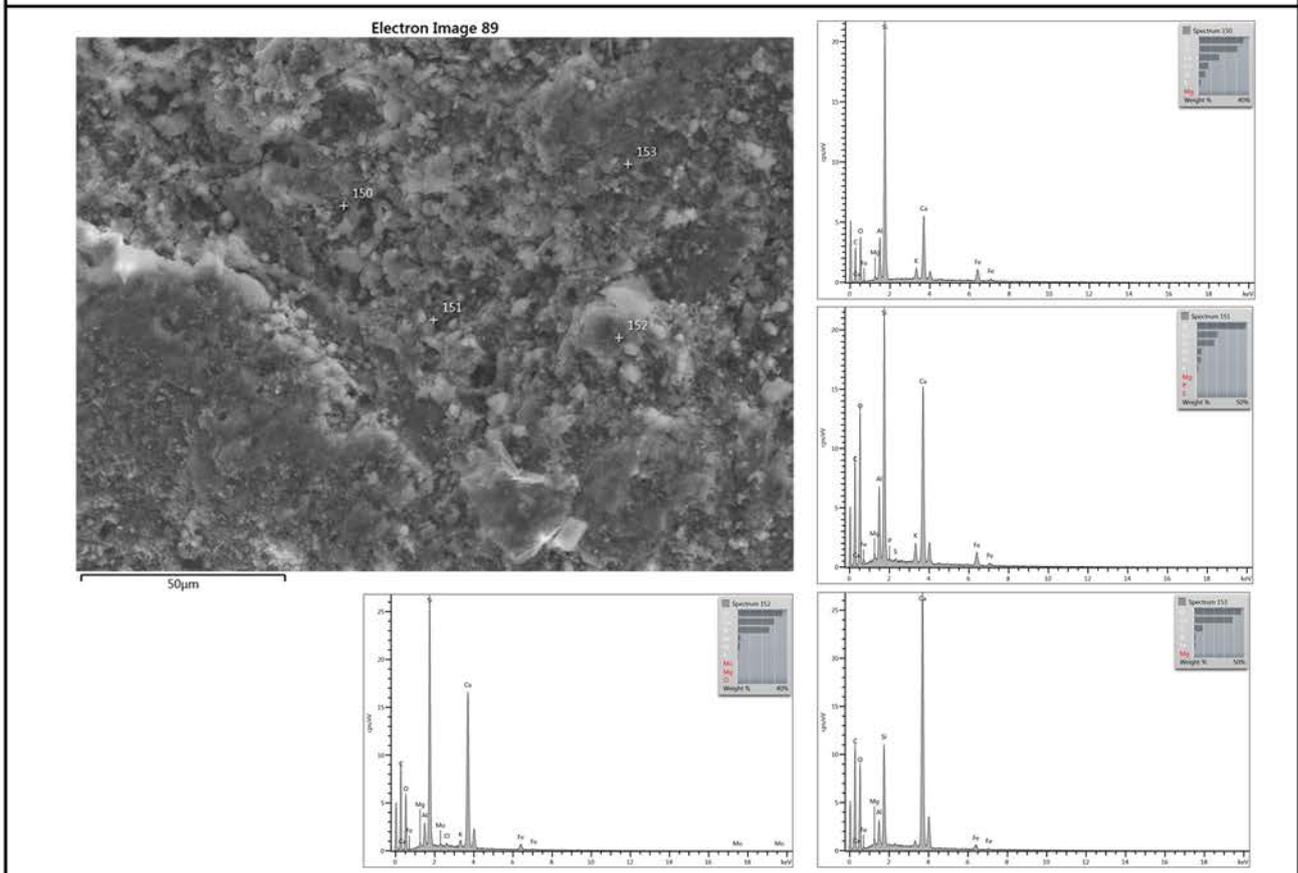
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	PIT4	Córdoba - época romana	Estel 1000

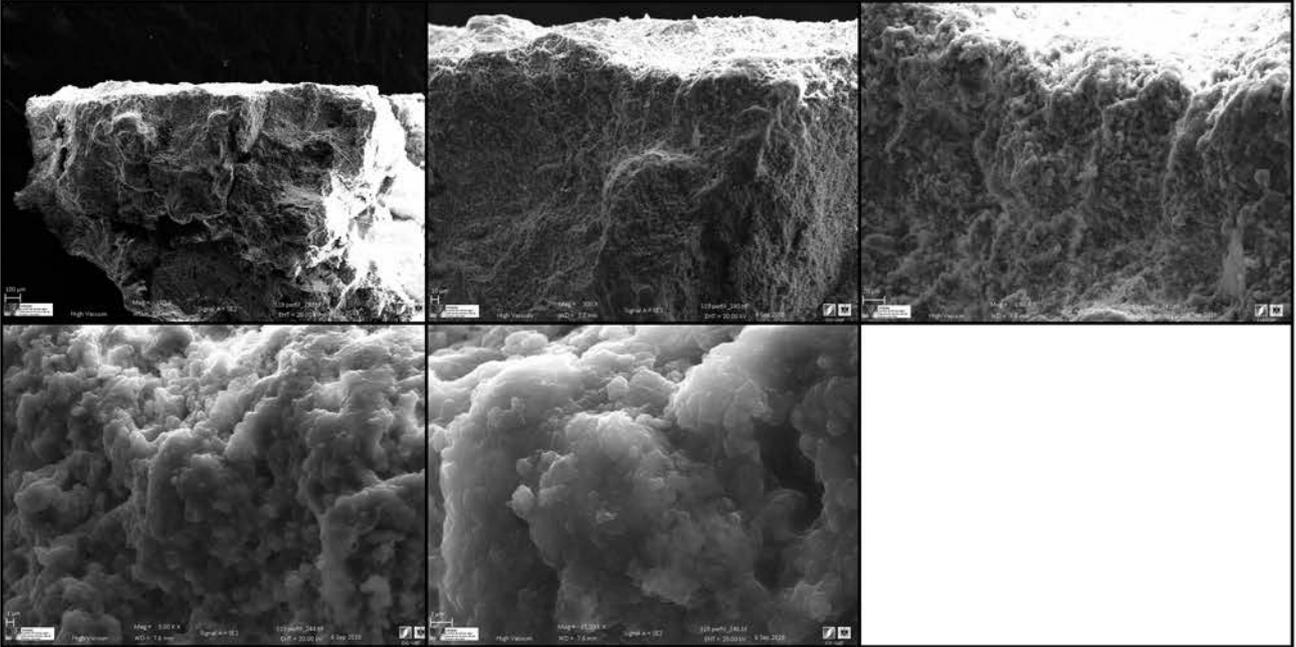
SUPERFICIE



Análisis elemental

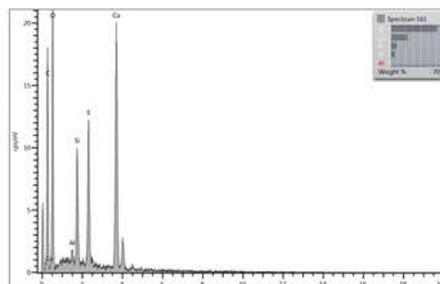
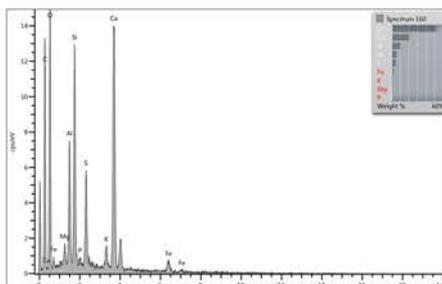
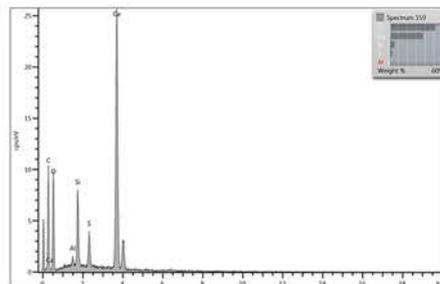
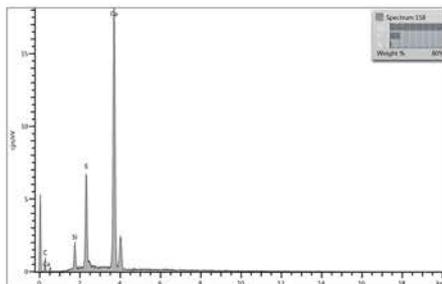
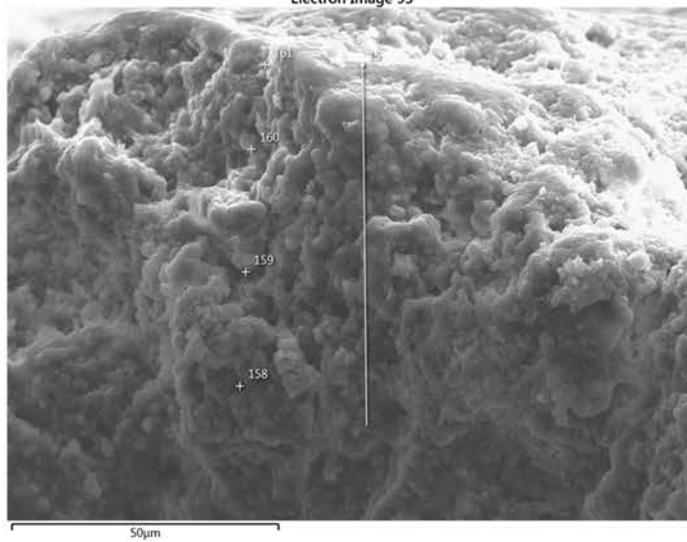


PERFIL



Análisis elemental

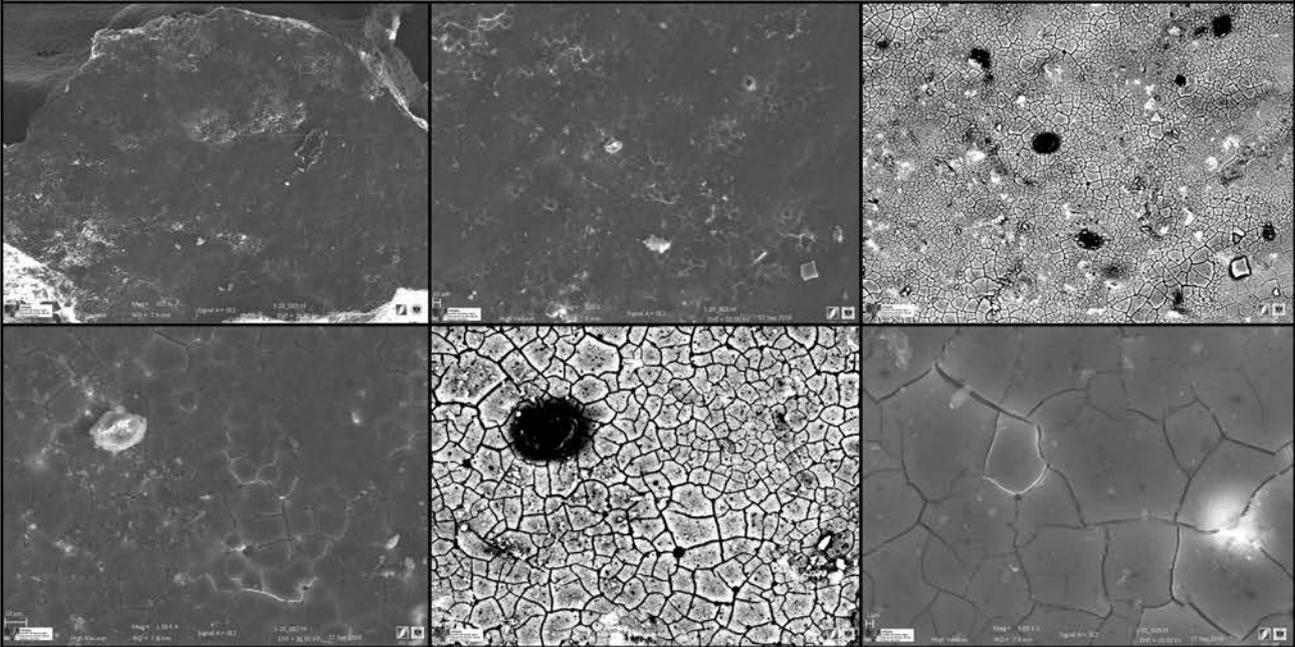
Electron Image 93



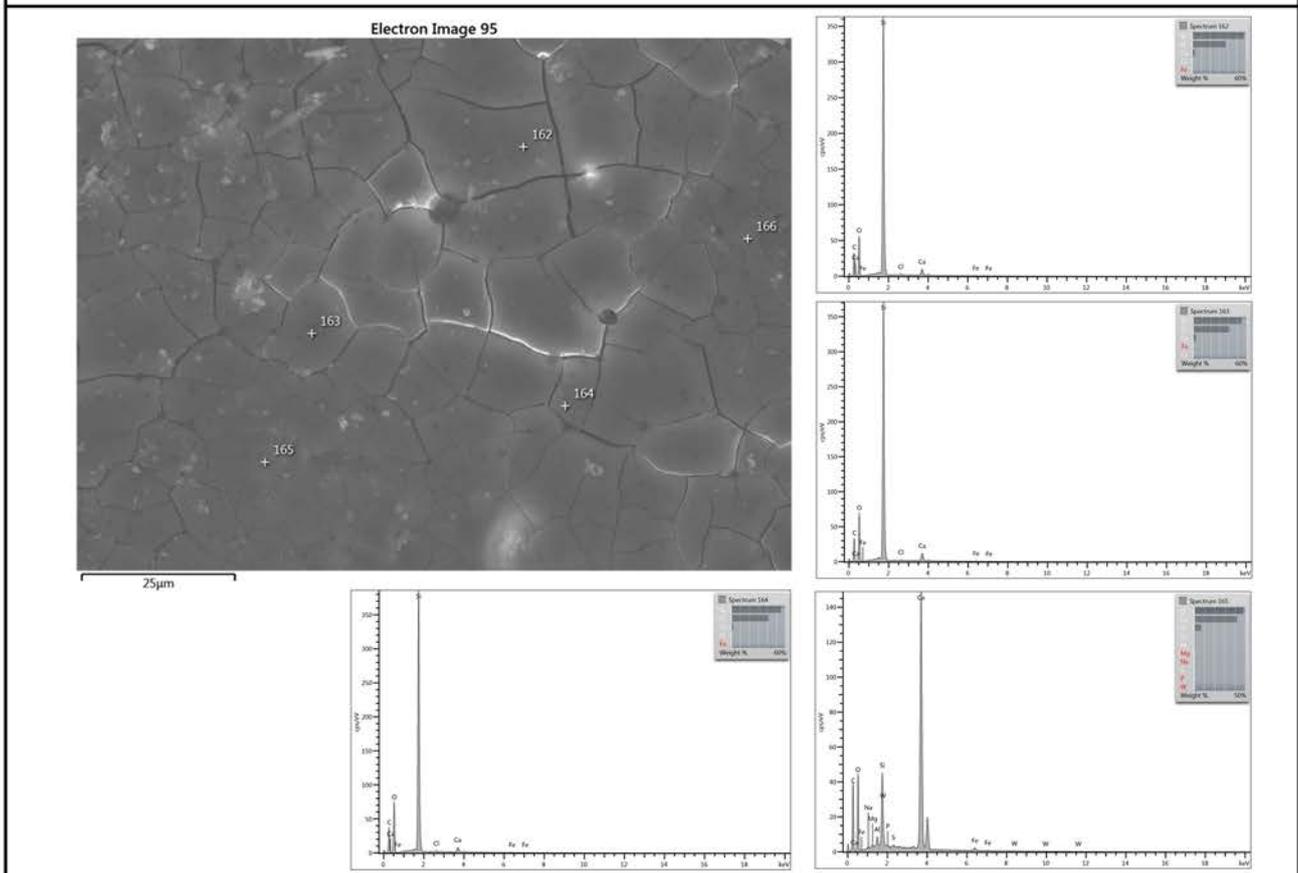
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	PIT5	Córdoba - época romana	Nano estel

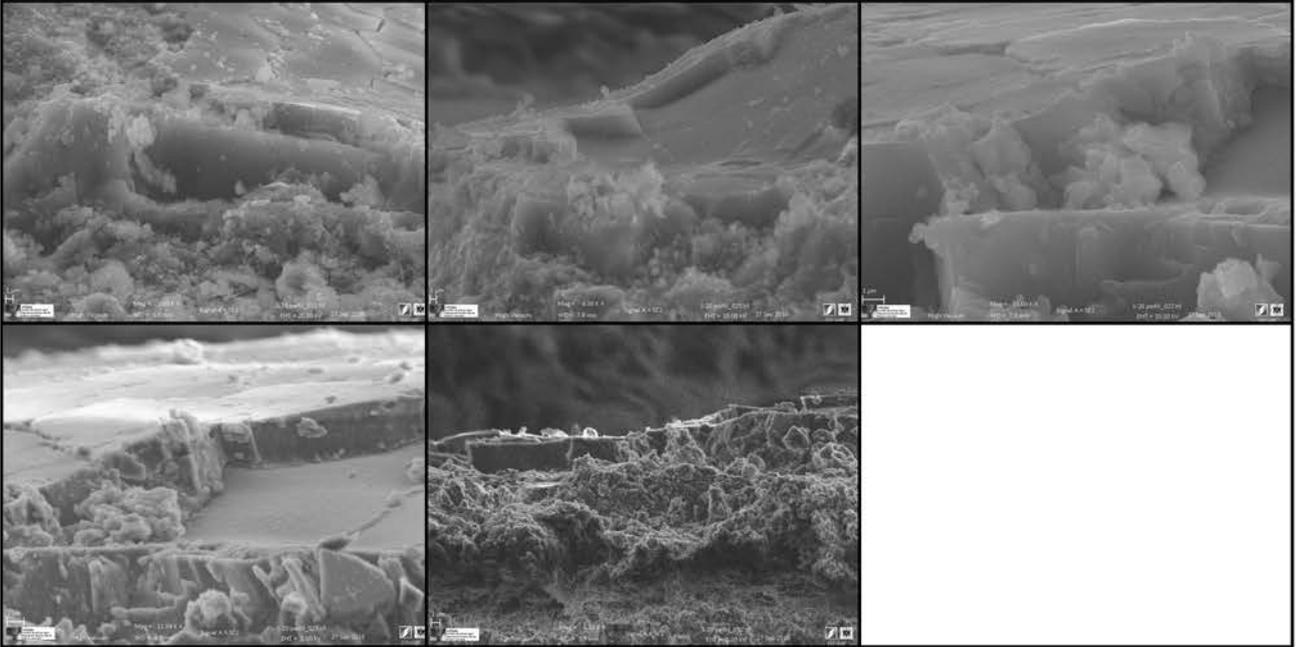
SUPERFICIE



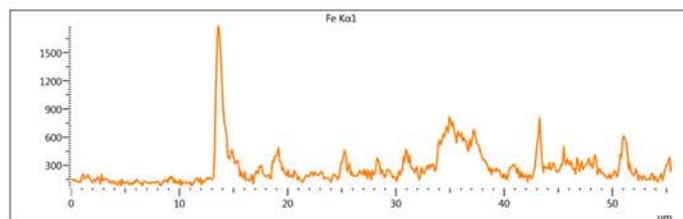
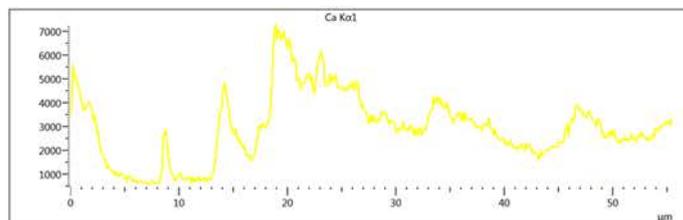
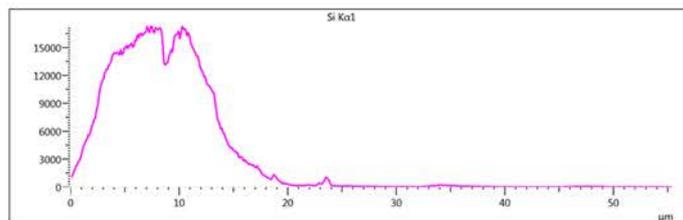
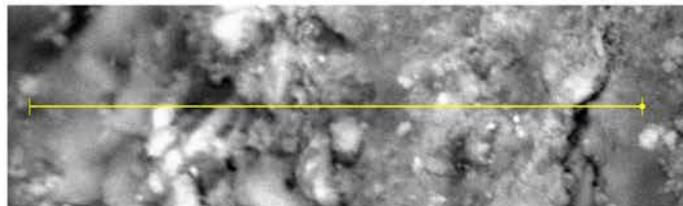
Análisis elemental



PERFIL



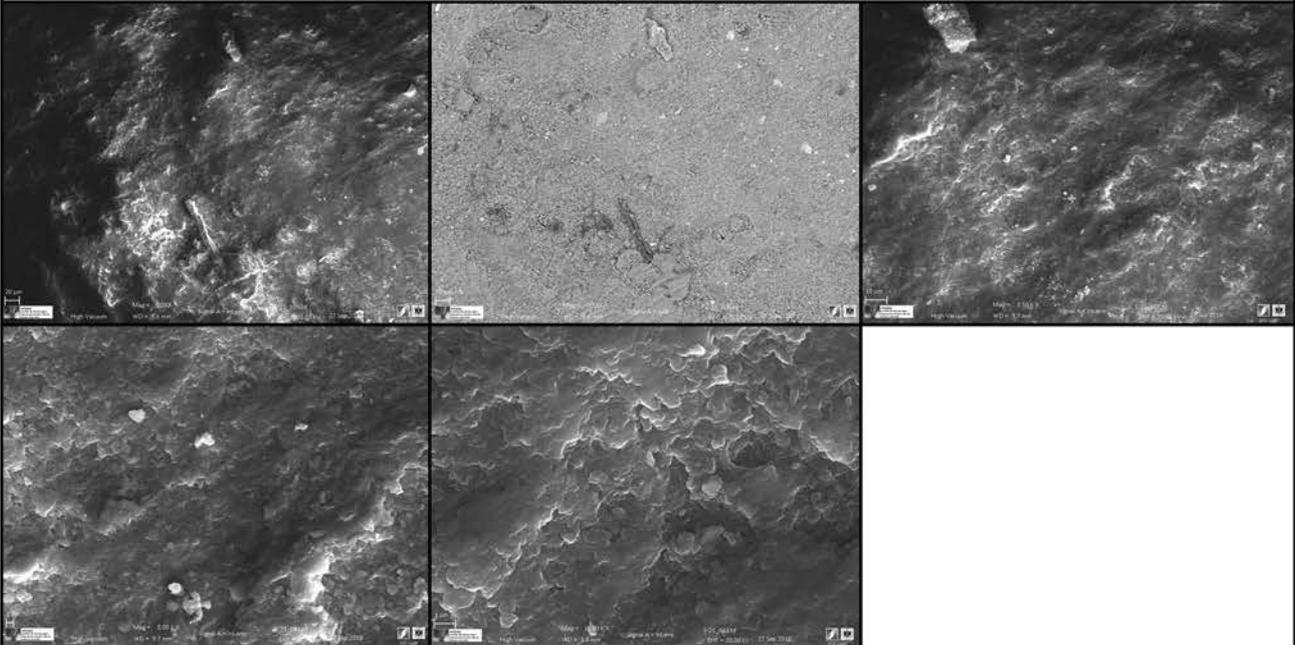
Line profile



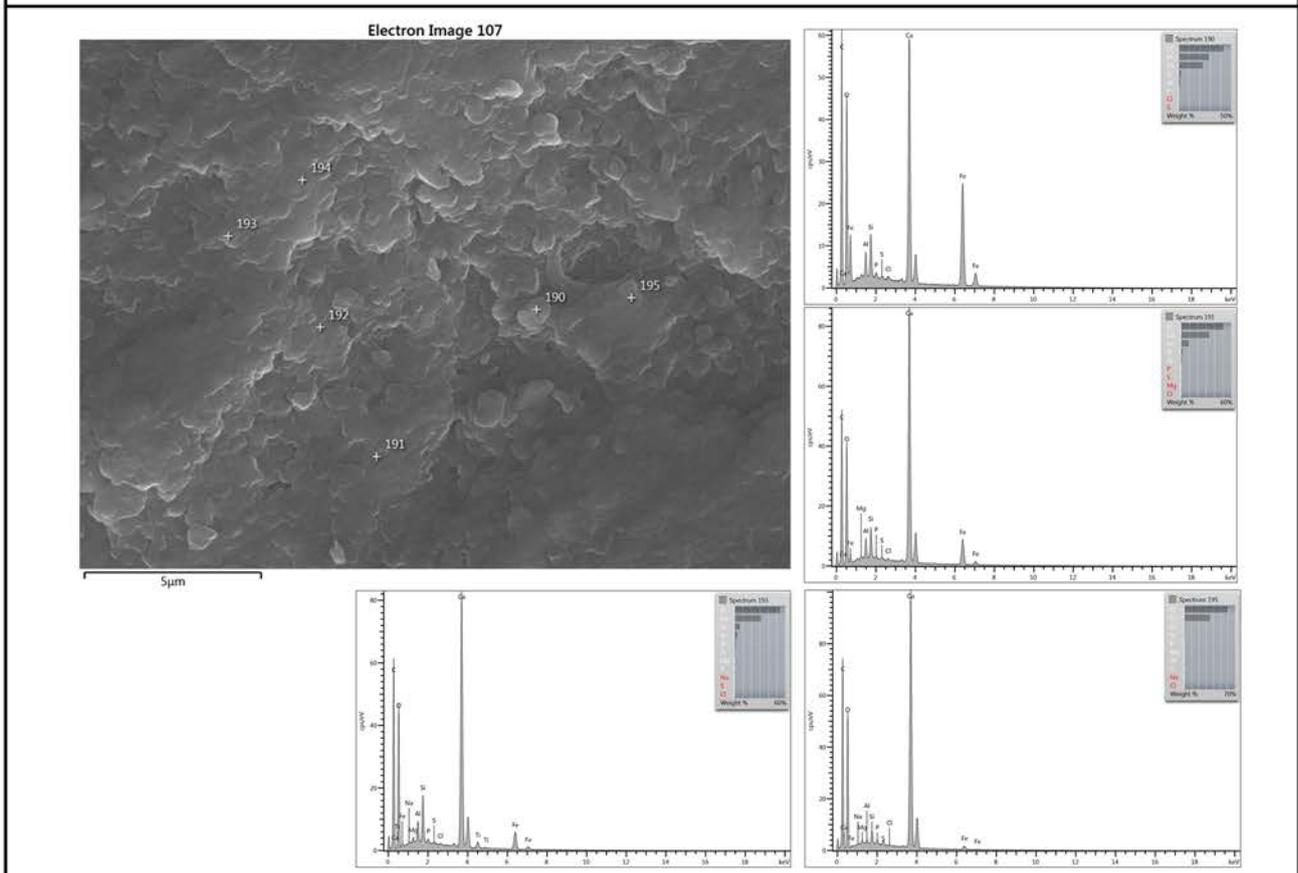
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	PIT6	Córdoba - época romana	Nanorestore

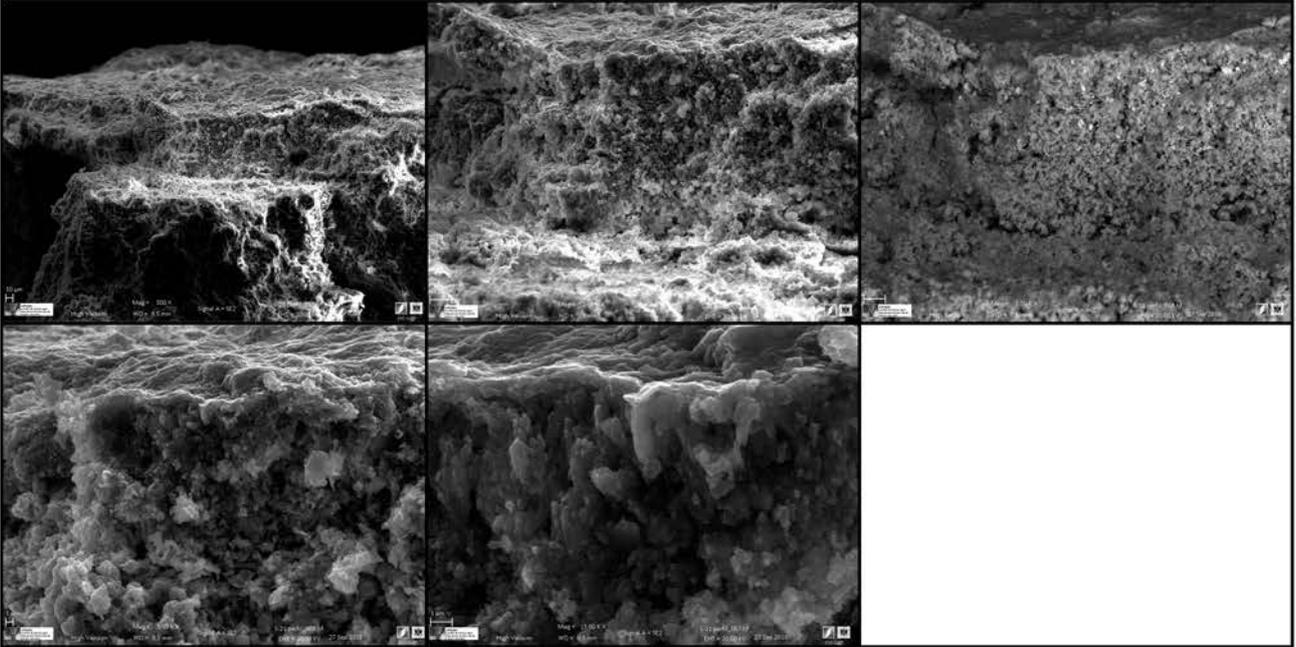
SUPERFICIE



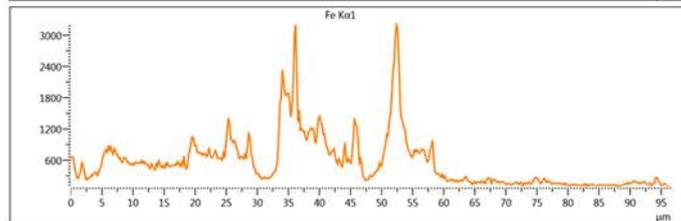
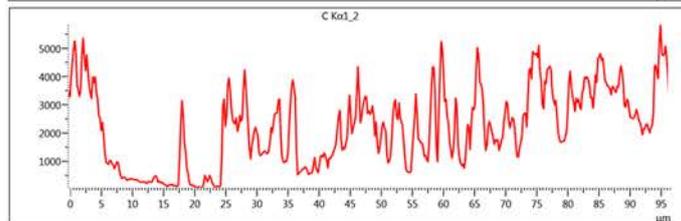
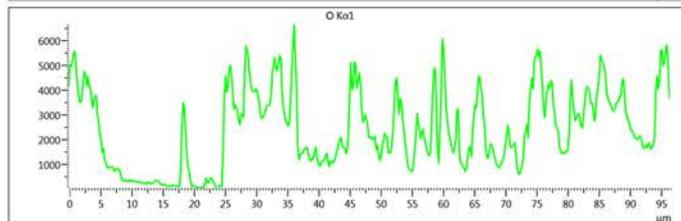
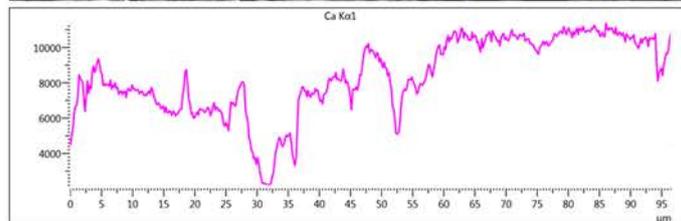
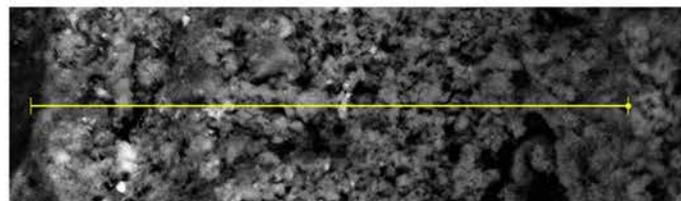
Análisis elemental



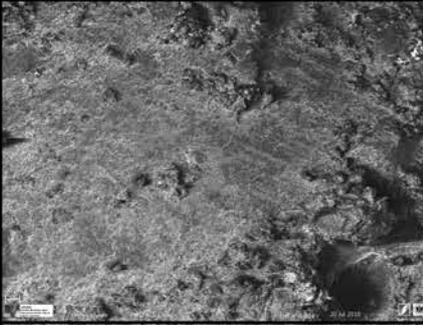
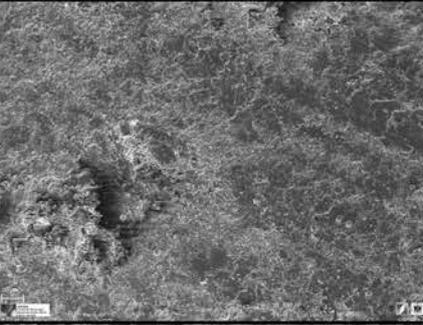
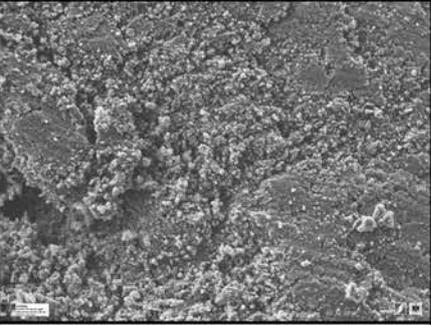
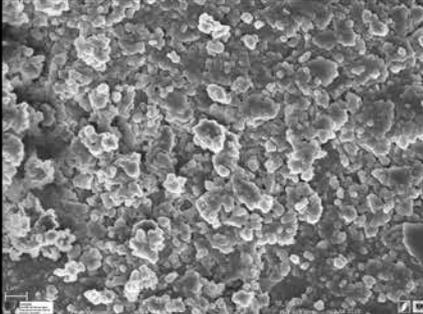
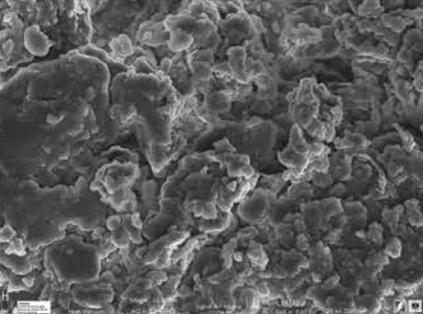
PERFIL



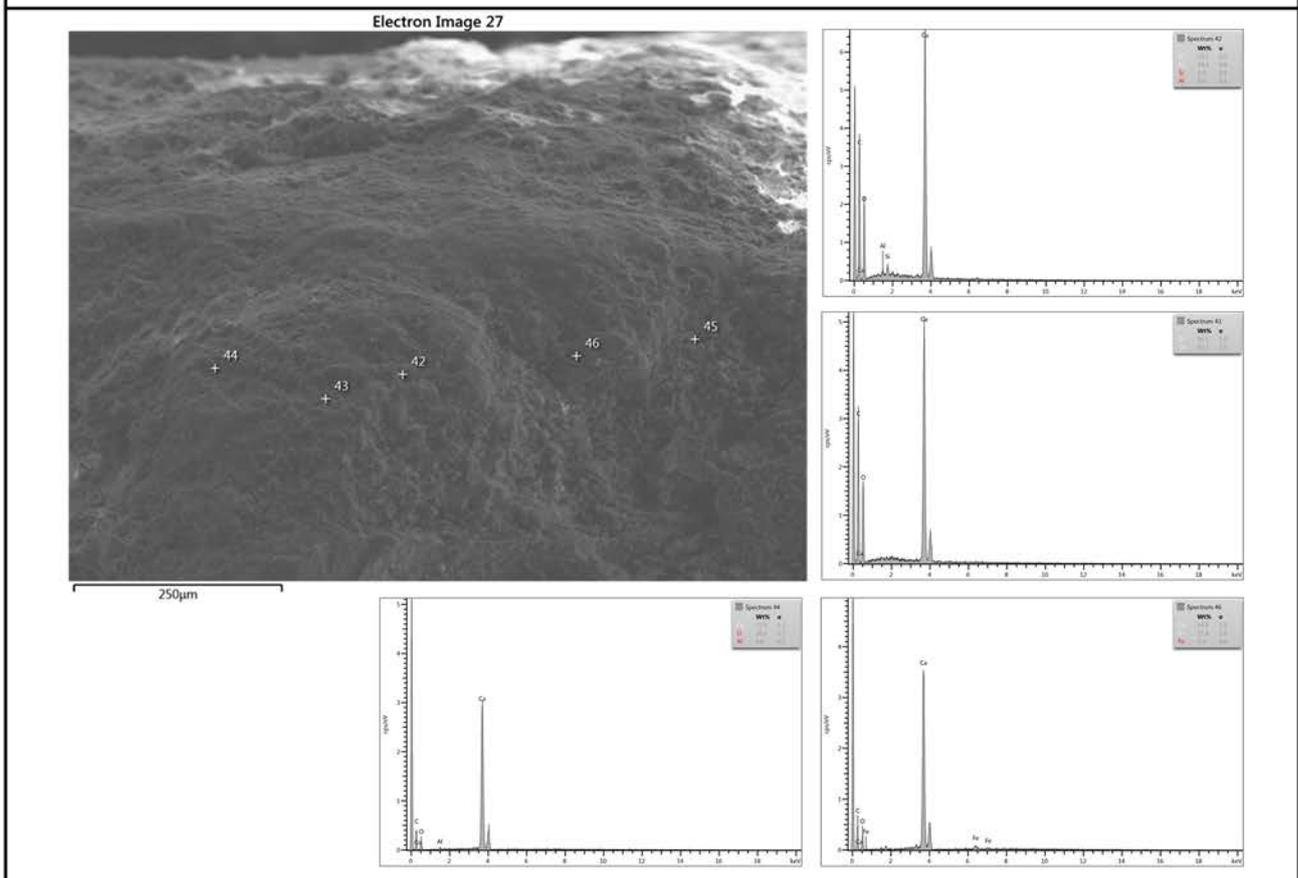
Line profile



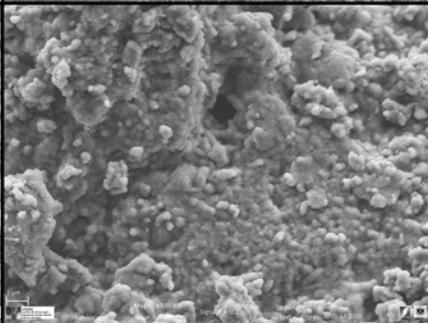
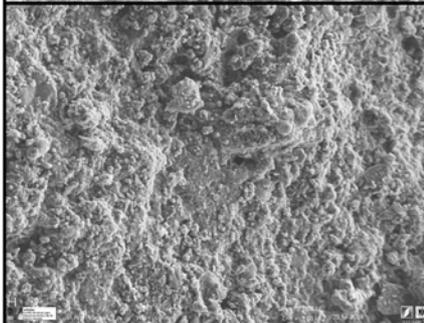
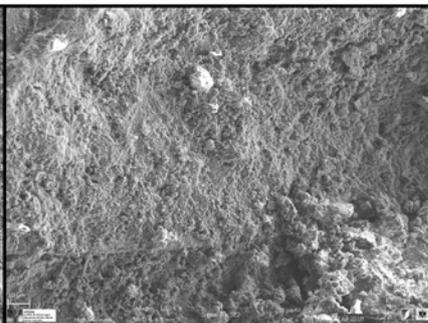
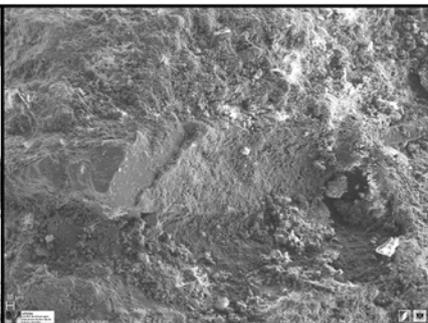
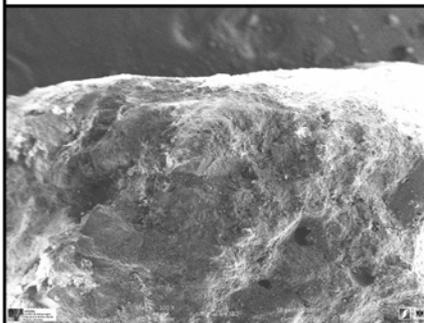
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	MIR7	Córdoba - época emiral	Testigo
SUPERFICIE			
			
			

Análisis elemental



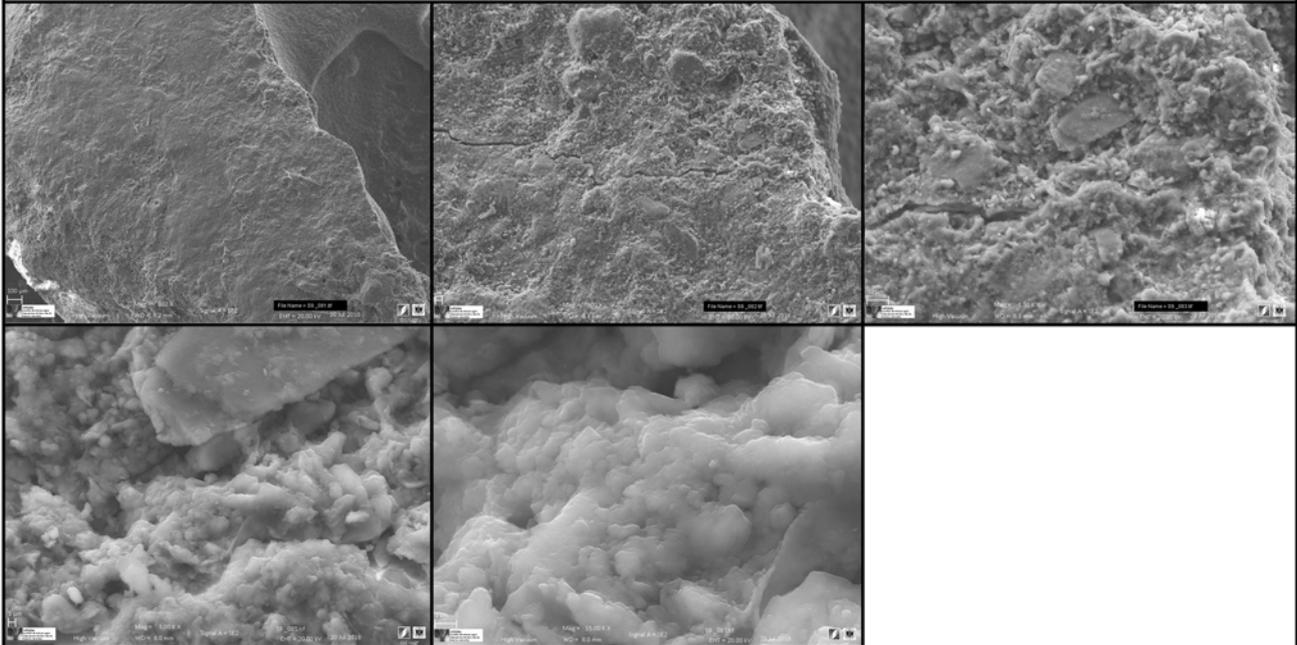
PERFIL



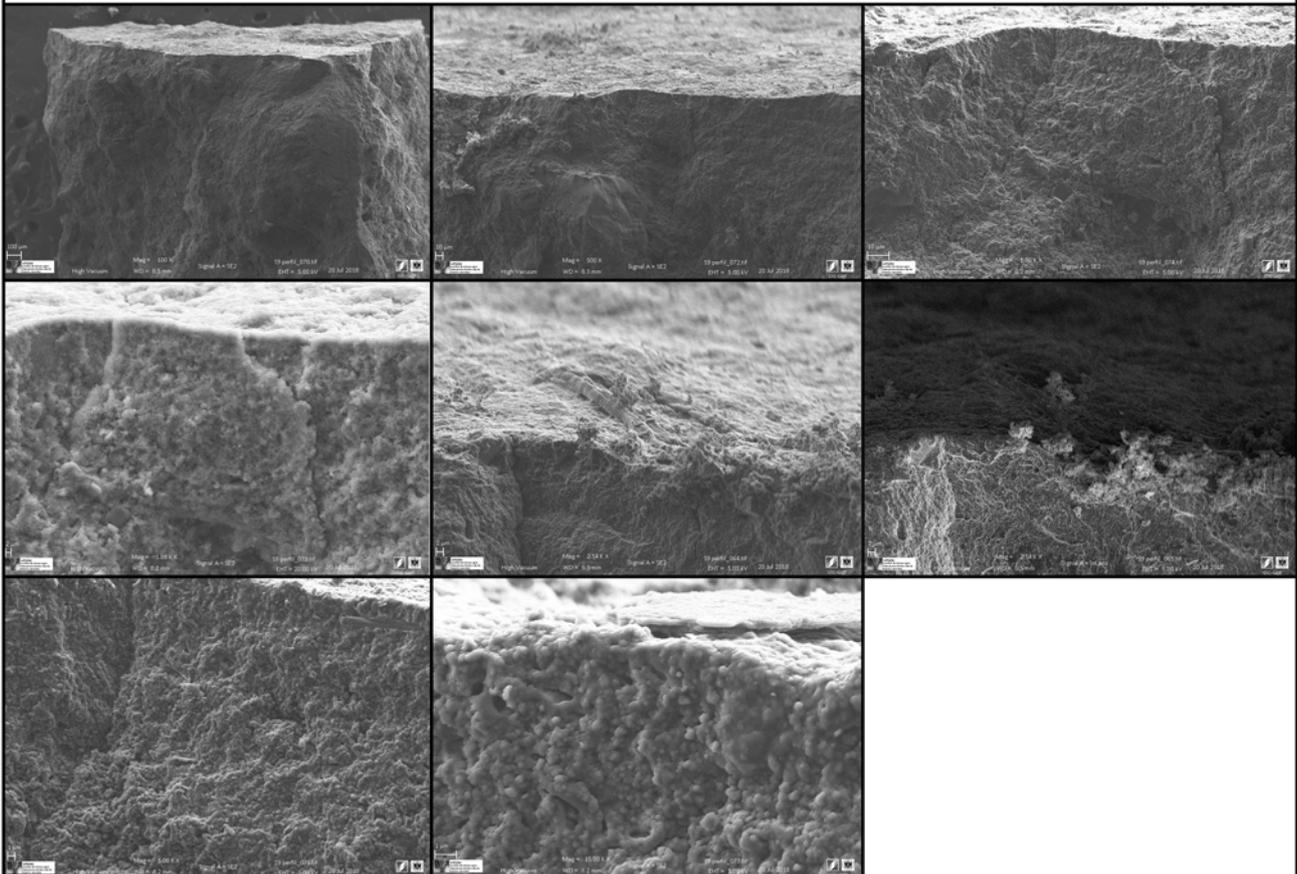
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	MIR1	Córdoba - época emiral	Carbonatogénesis

SUPERFICIE

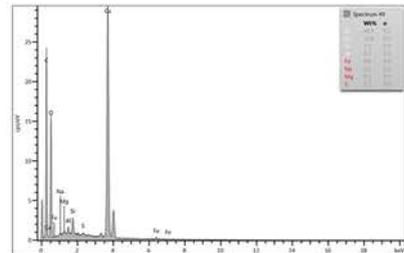
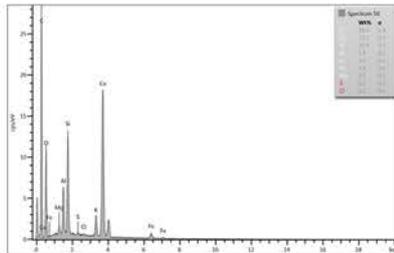
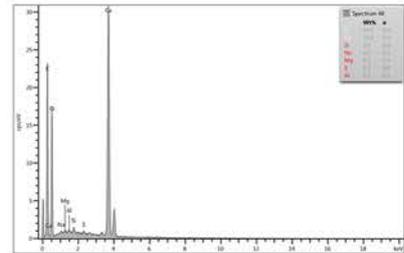
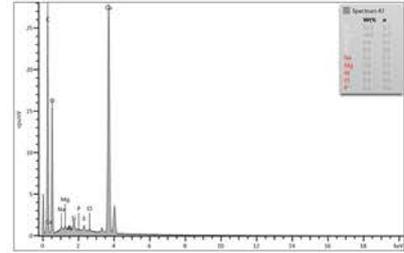
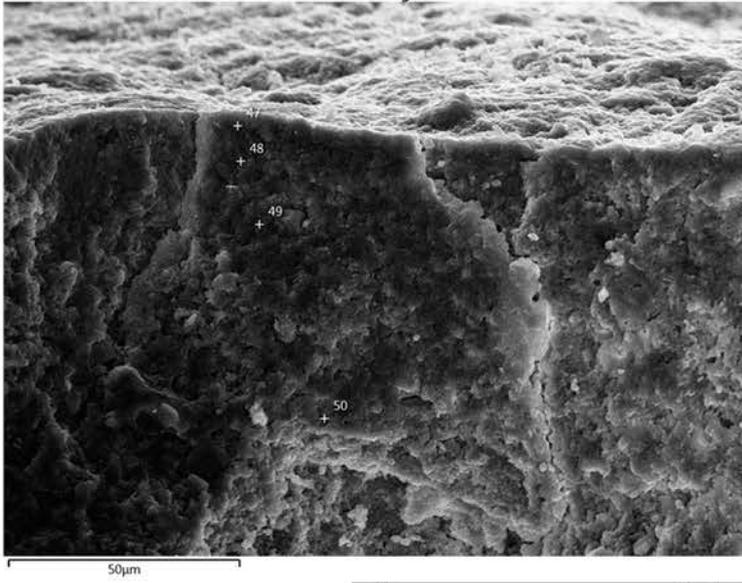


PERFIL

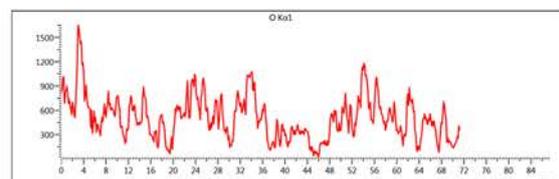
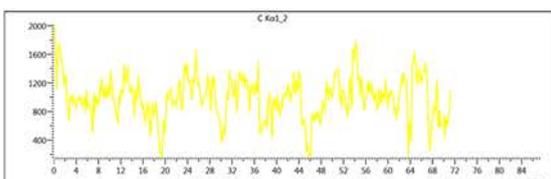
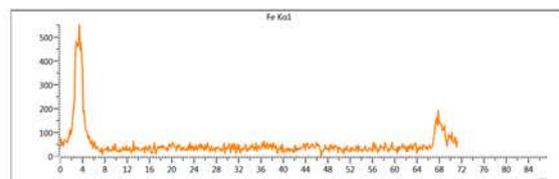
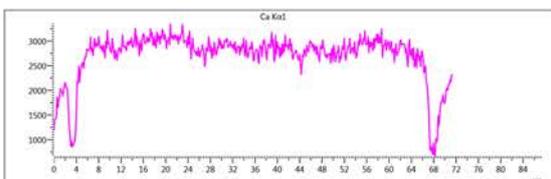
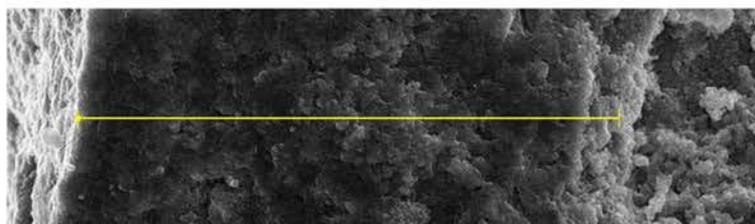


Analisis elemental

Electron Image 30



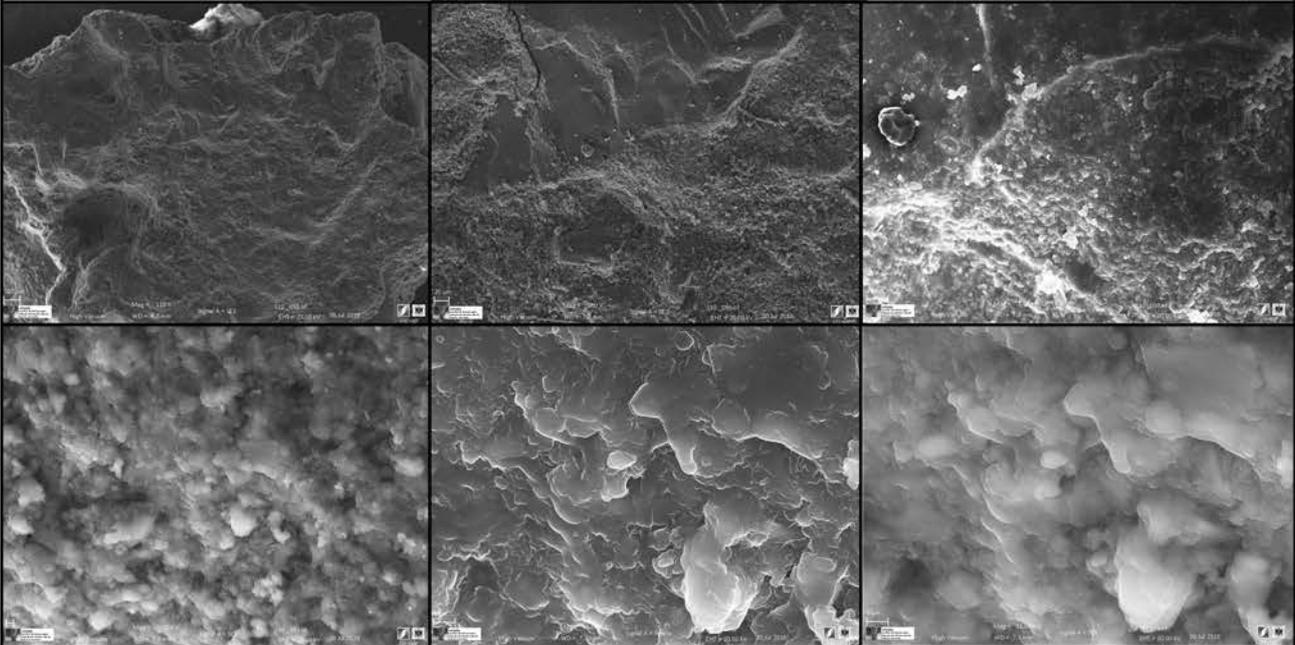
Line profile



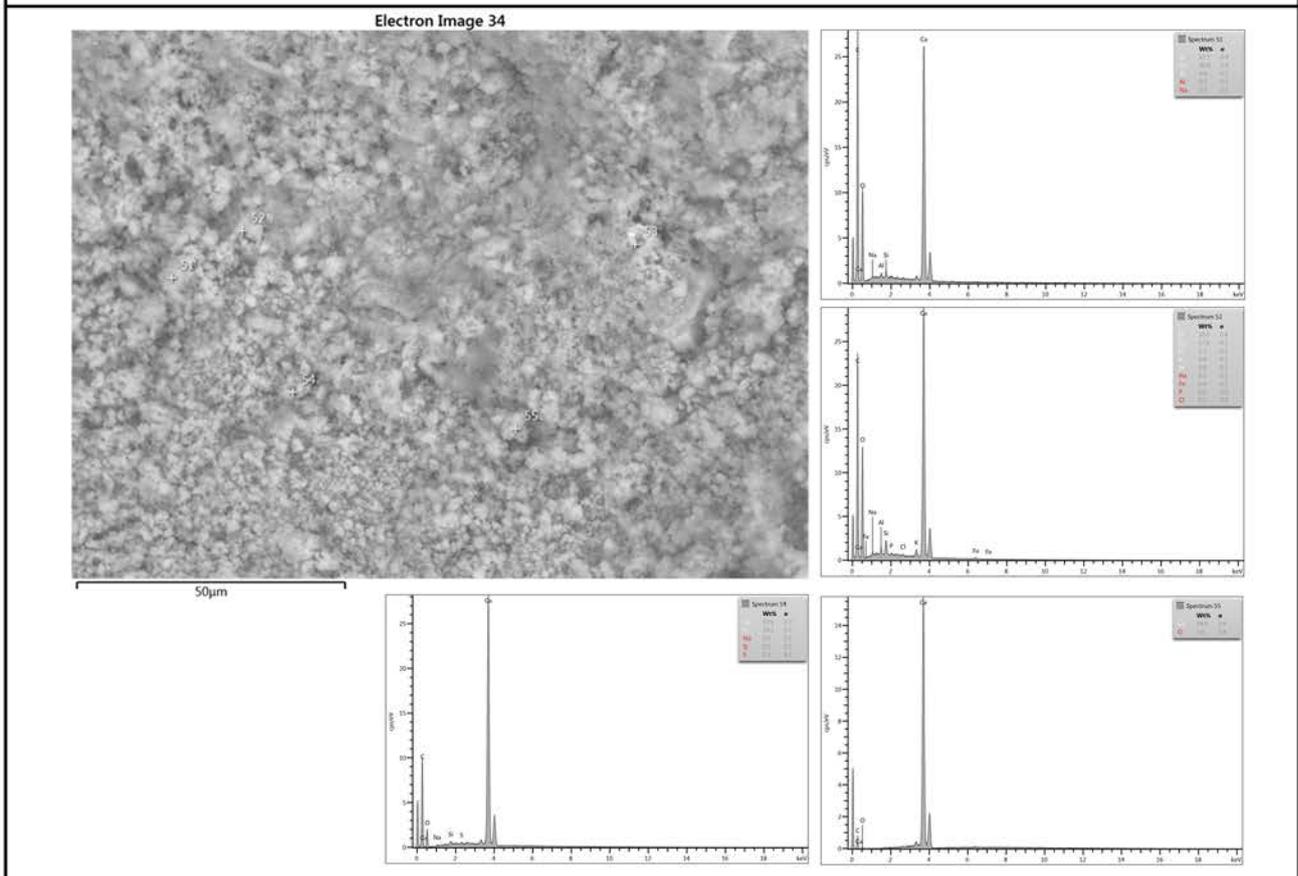
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	MIR2	Córdoba - época emiral	Carbonatogénesis + <i>impacco</i>

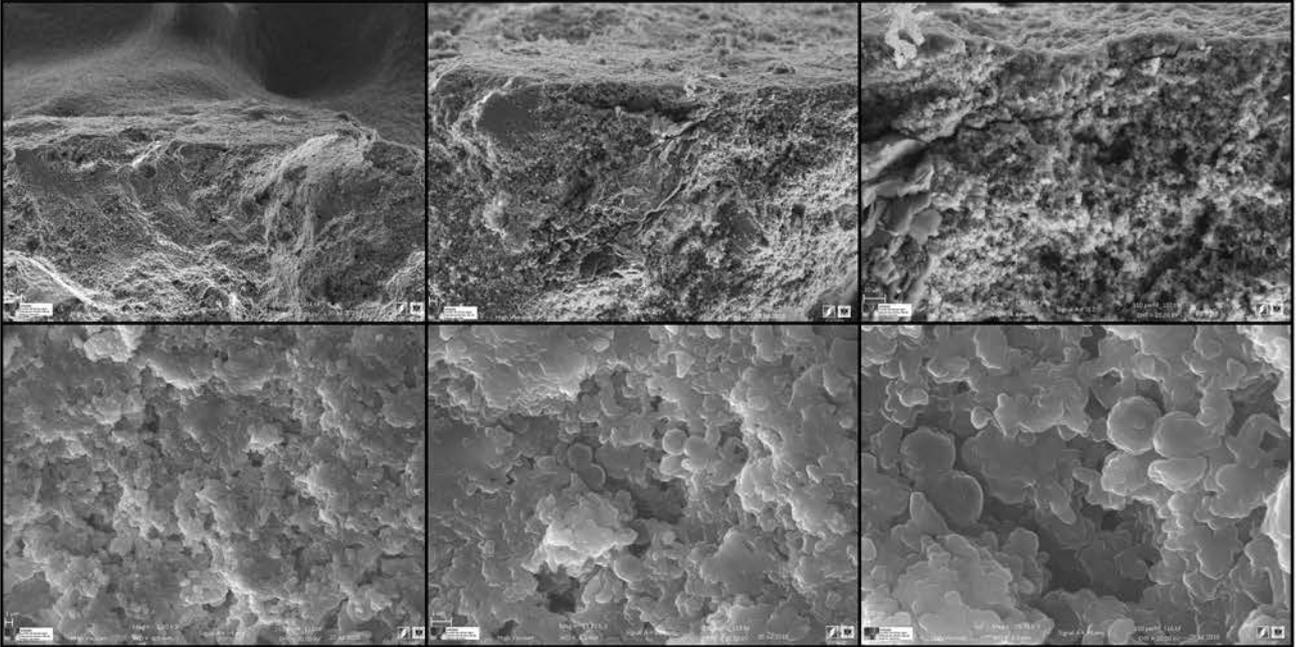
SUPERFICIE



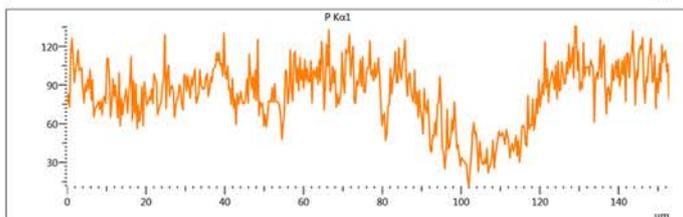
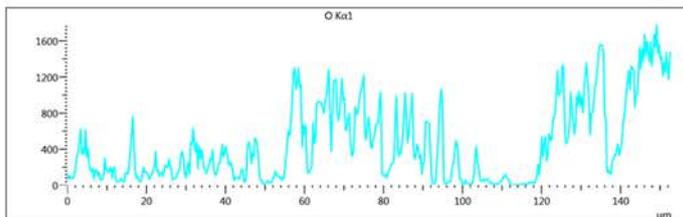
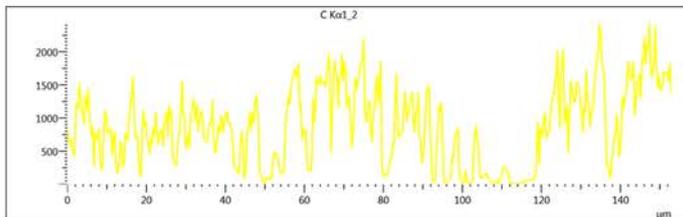
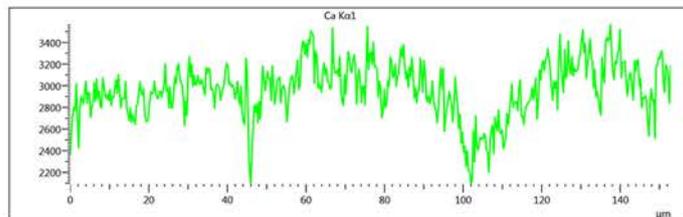
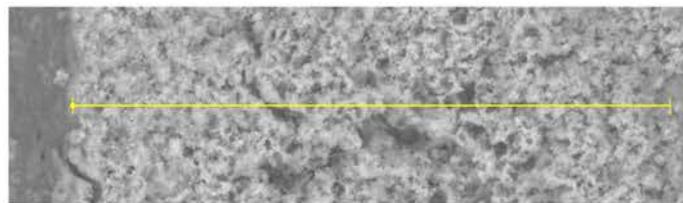
Análisis elemental



PERFIL



Line profile



ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM

PROCEDENCIA

TRATAMIENTO

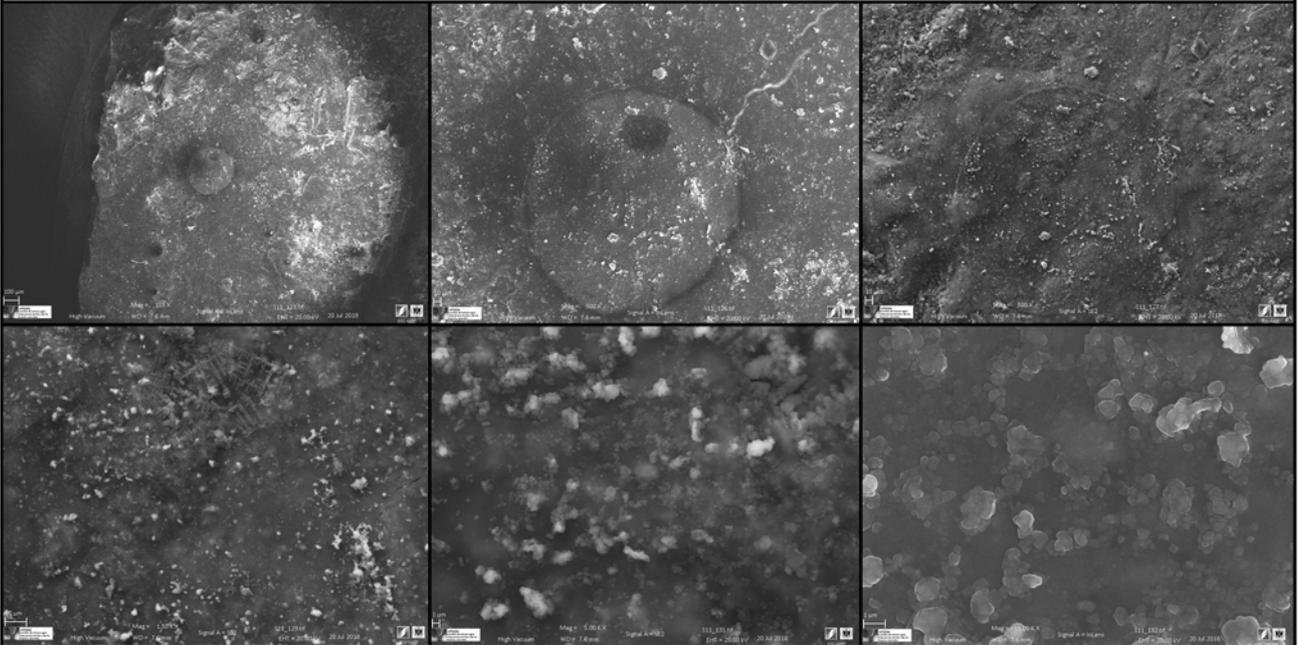
MUESTRA

MIR3

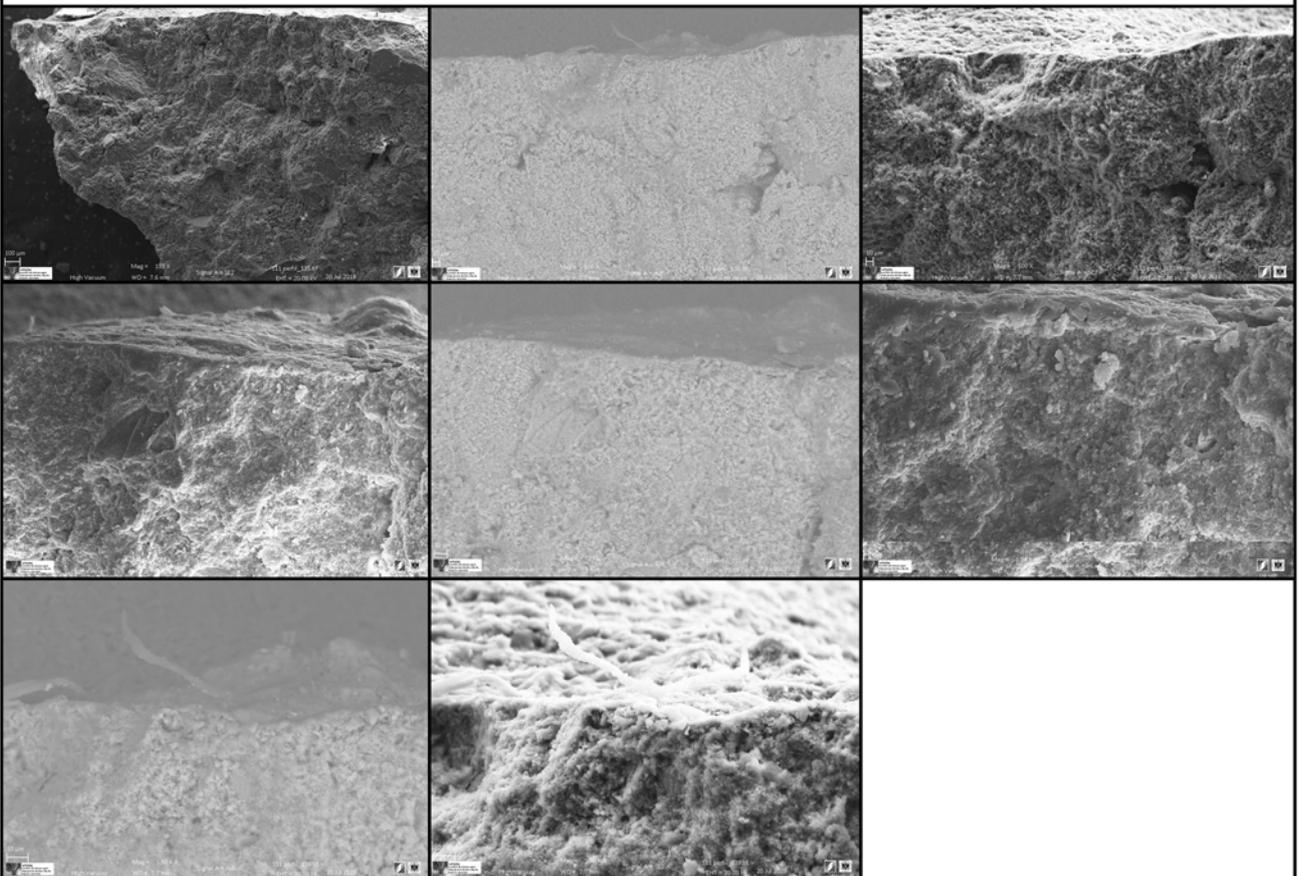
Córdoba - época emiral

Paraloid B72

SUPERFICIE

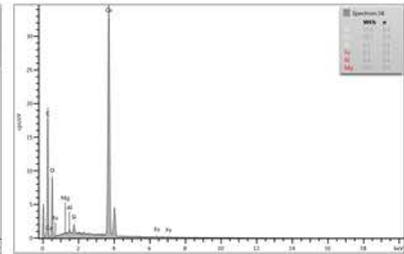
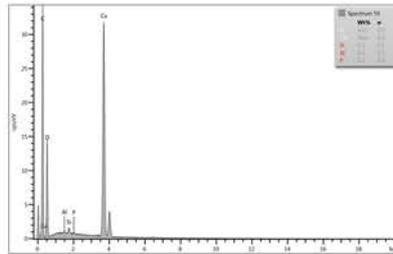
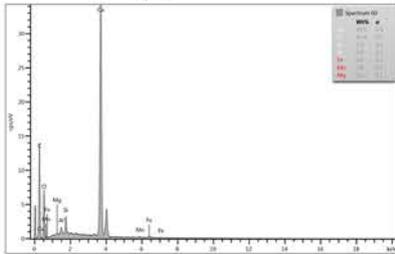
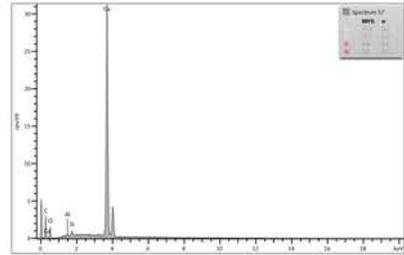
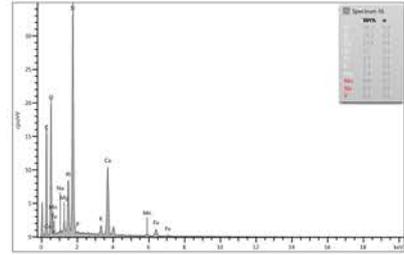
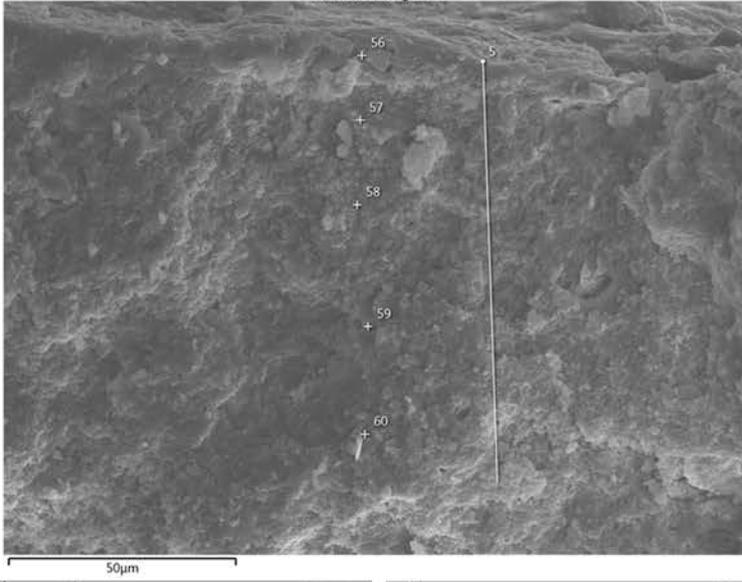


PERFIL

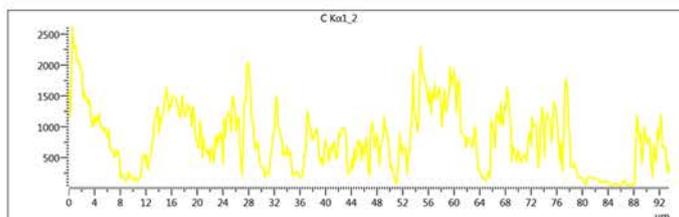
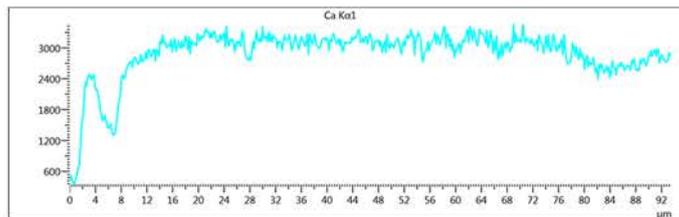
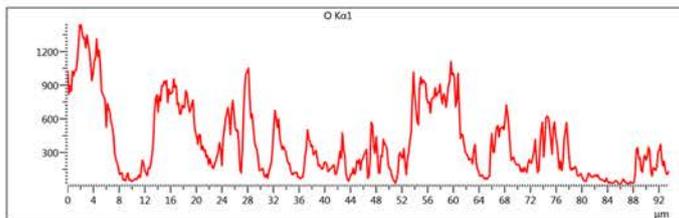
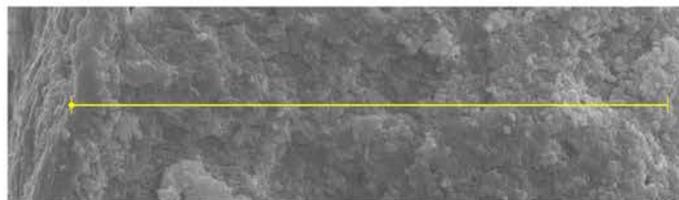


Analisis elemental

Electron Image 35



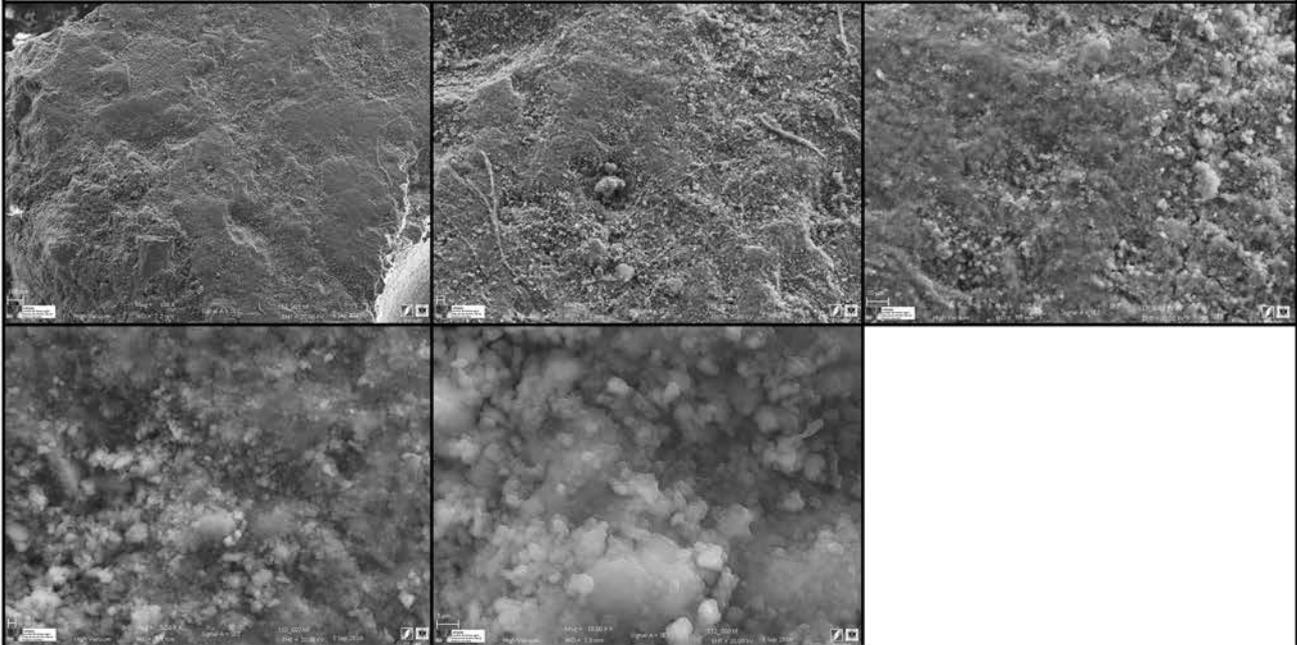
Line profile



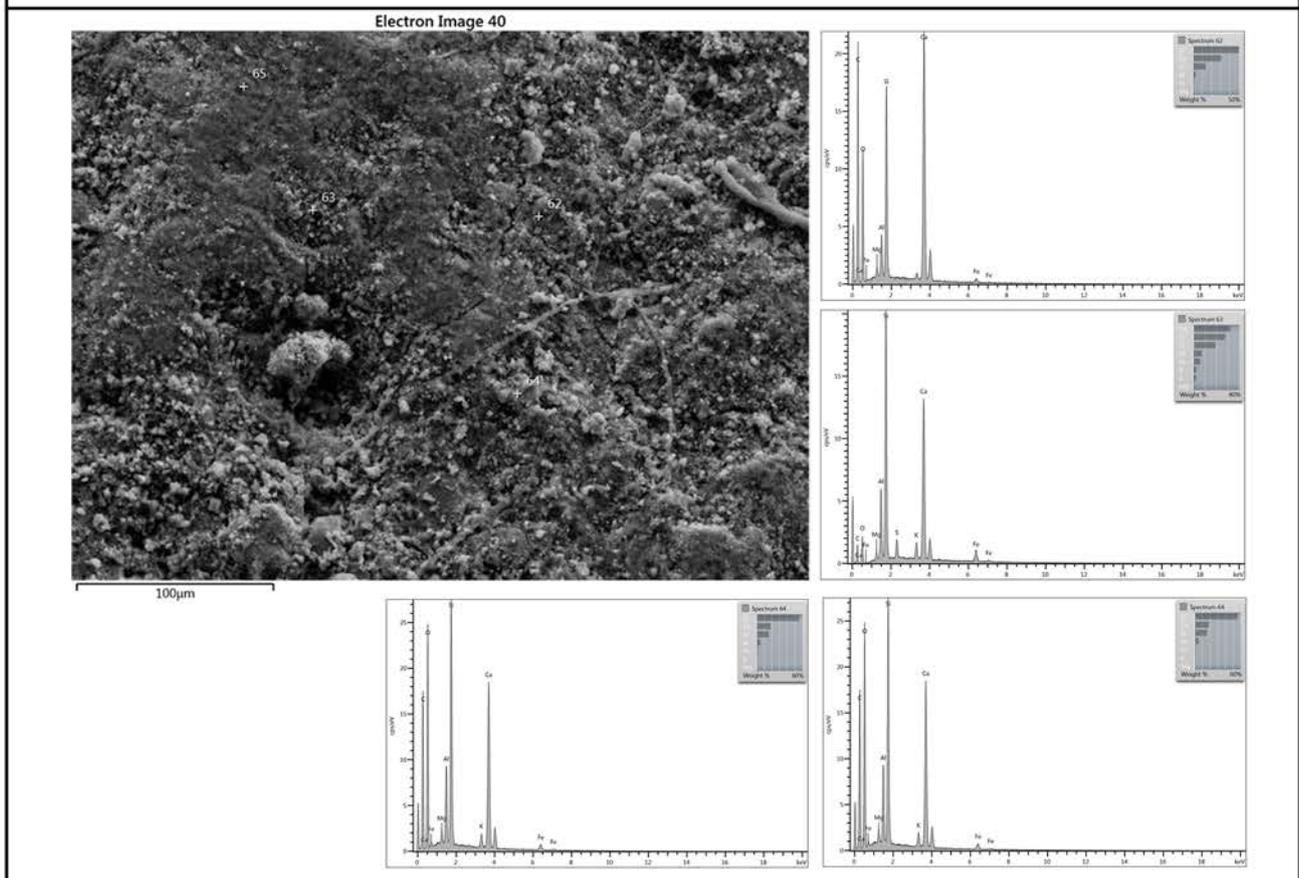
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	MIR4	Córdoba - época emiral	Estel 1000

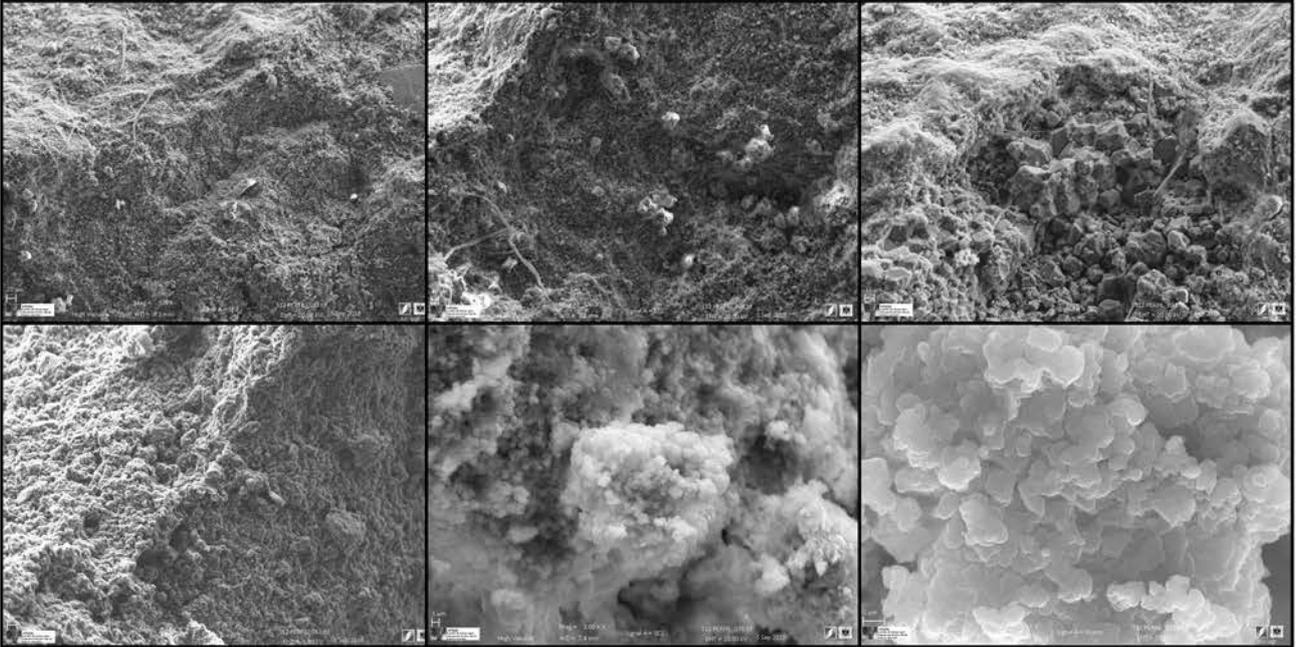
SUPERFICIE



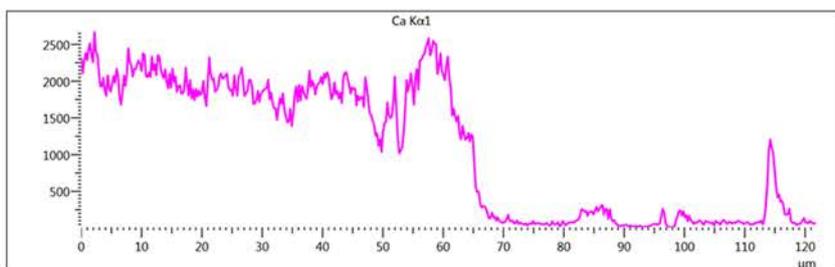
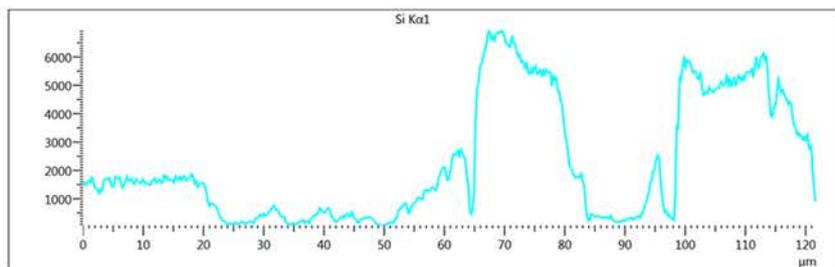
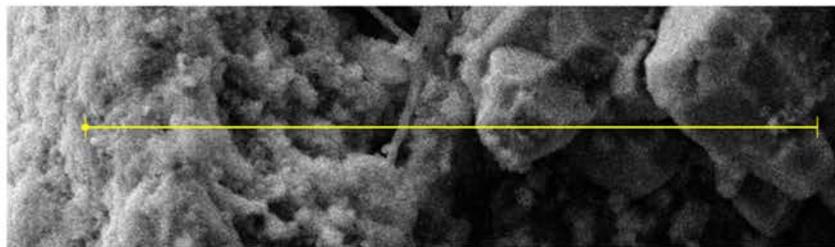
Análisis elemental



PERFIL



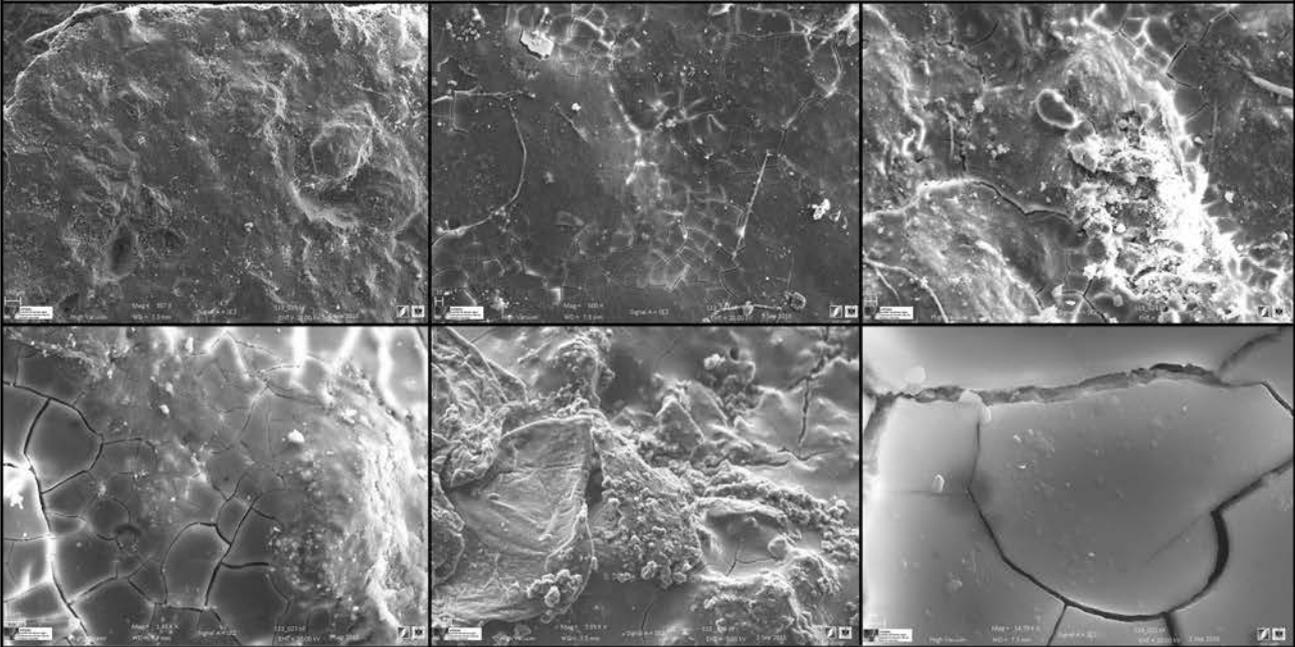
Line profile



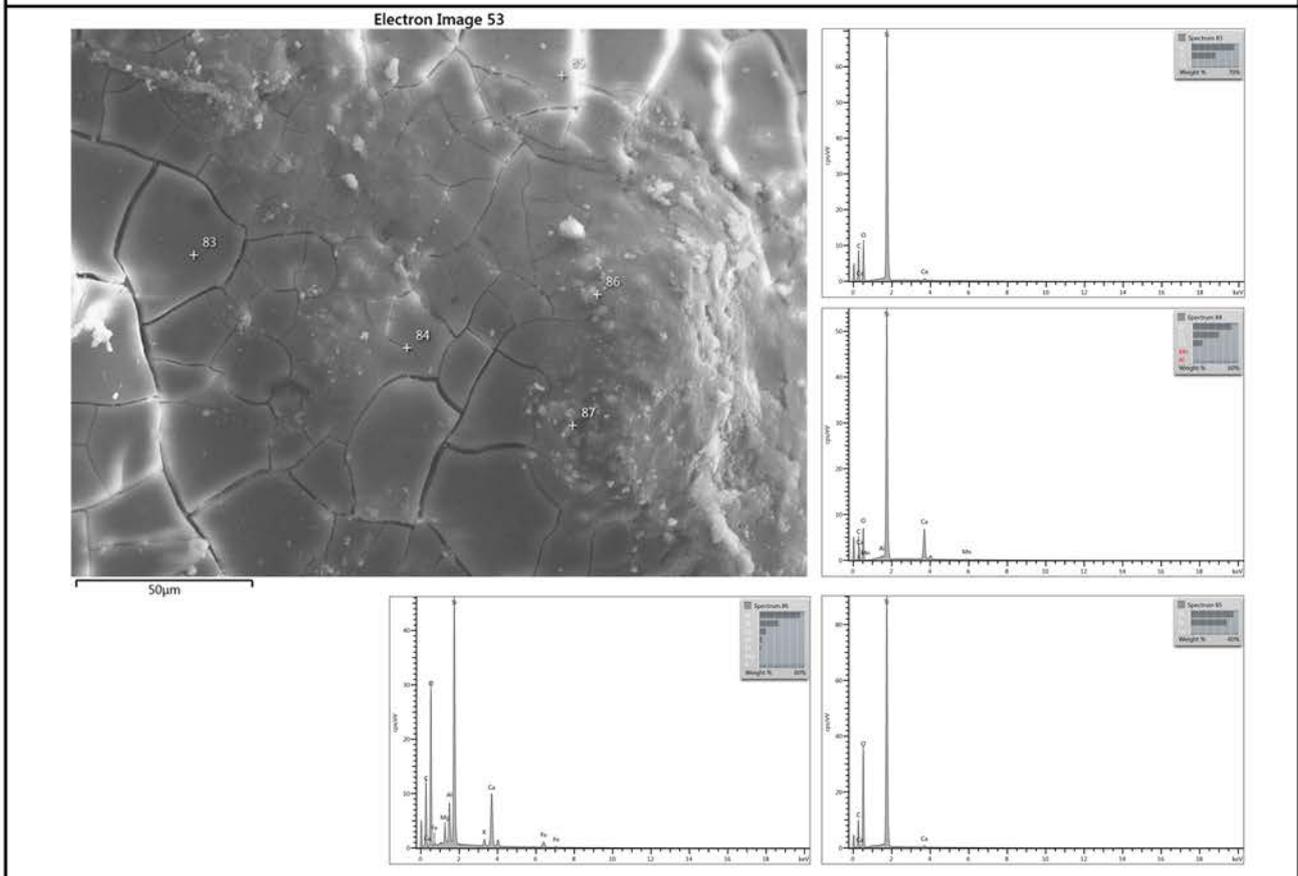
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	MIR5	Córdoba - época emiral	Nano estel

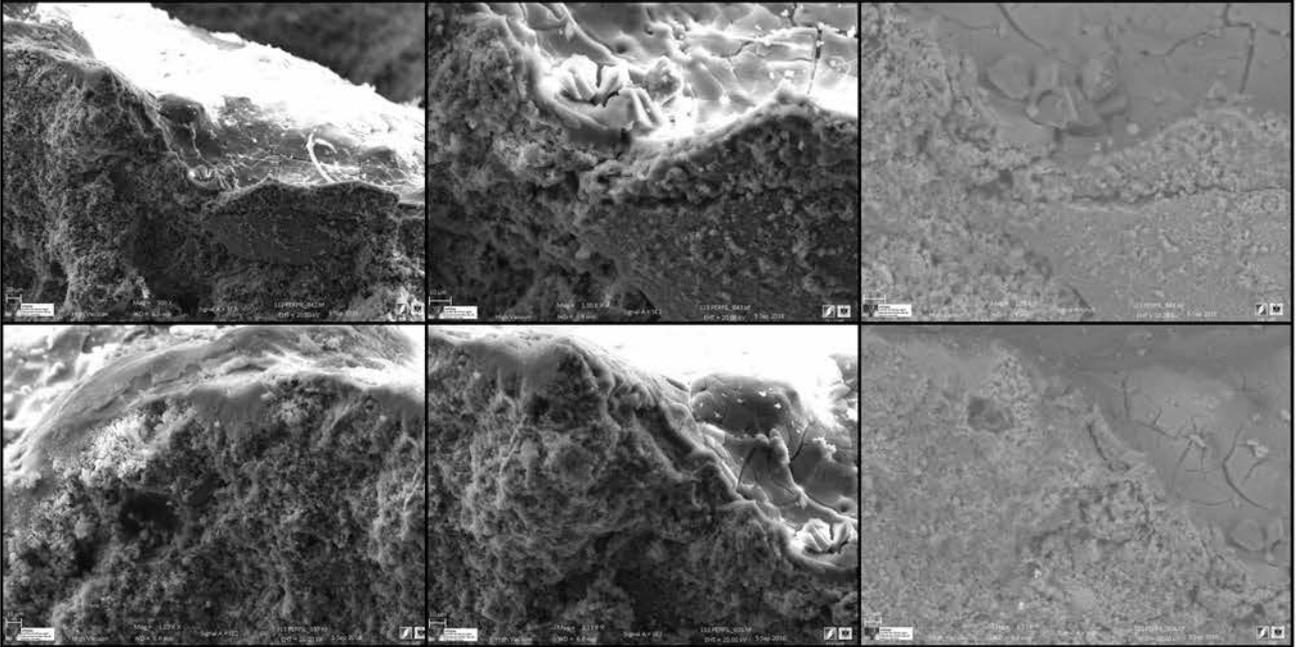
SUPERFICIE



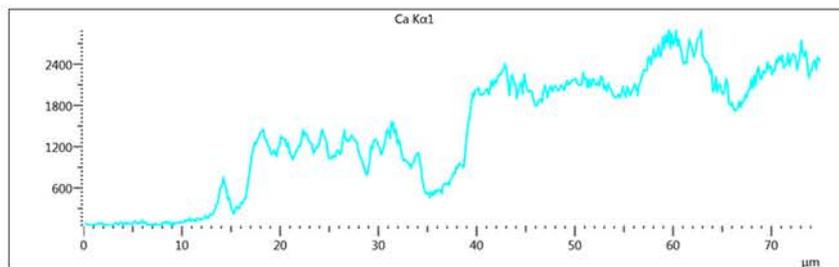
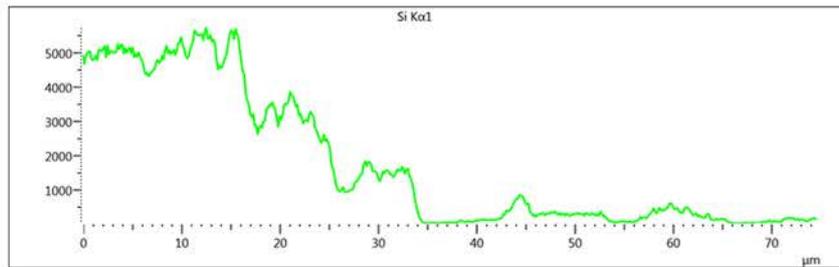
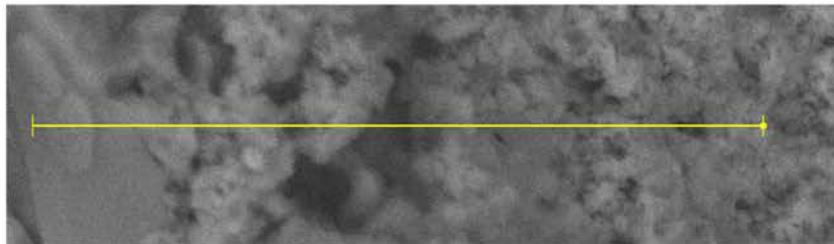
Análisis elemental



PERFIL



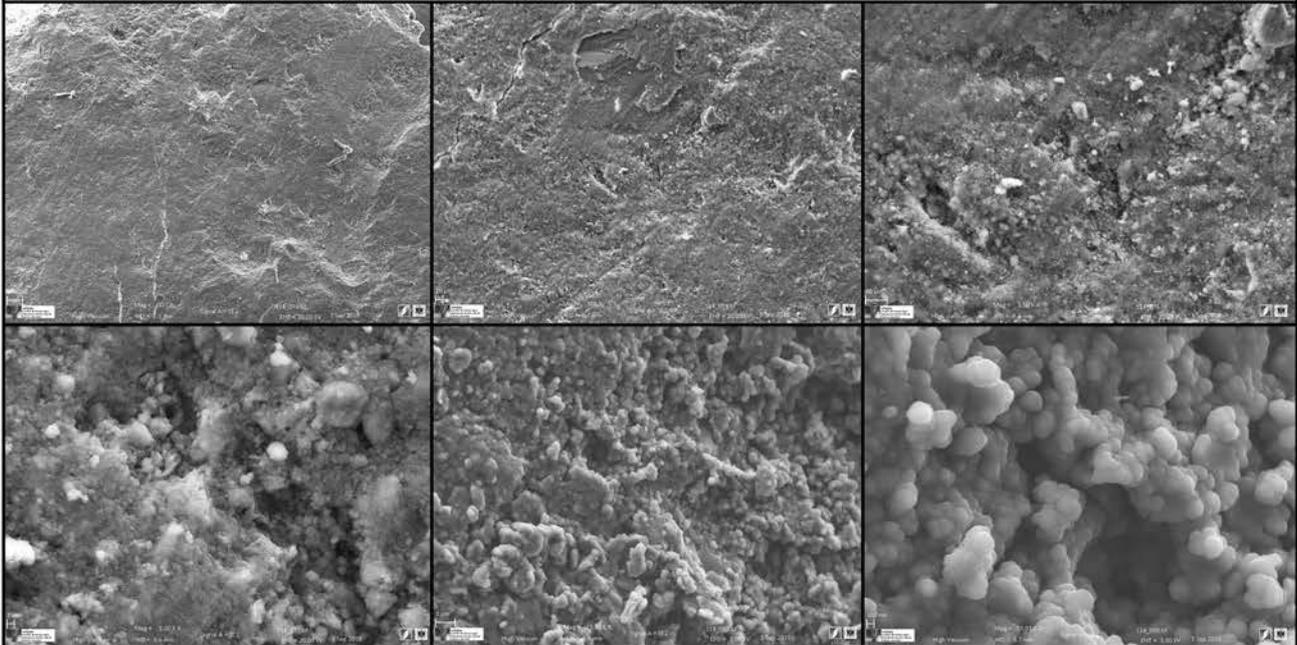
Line profile



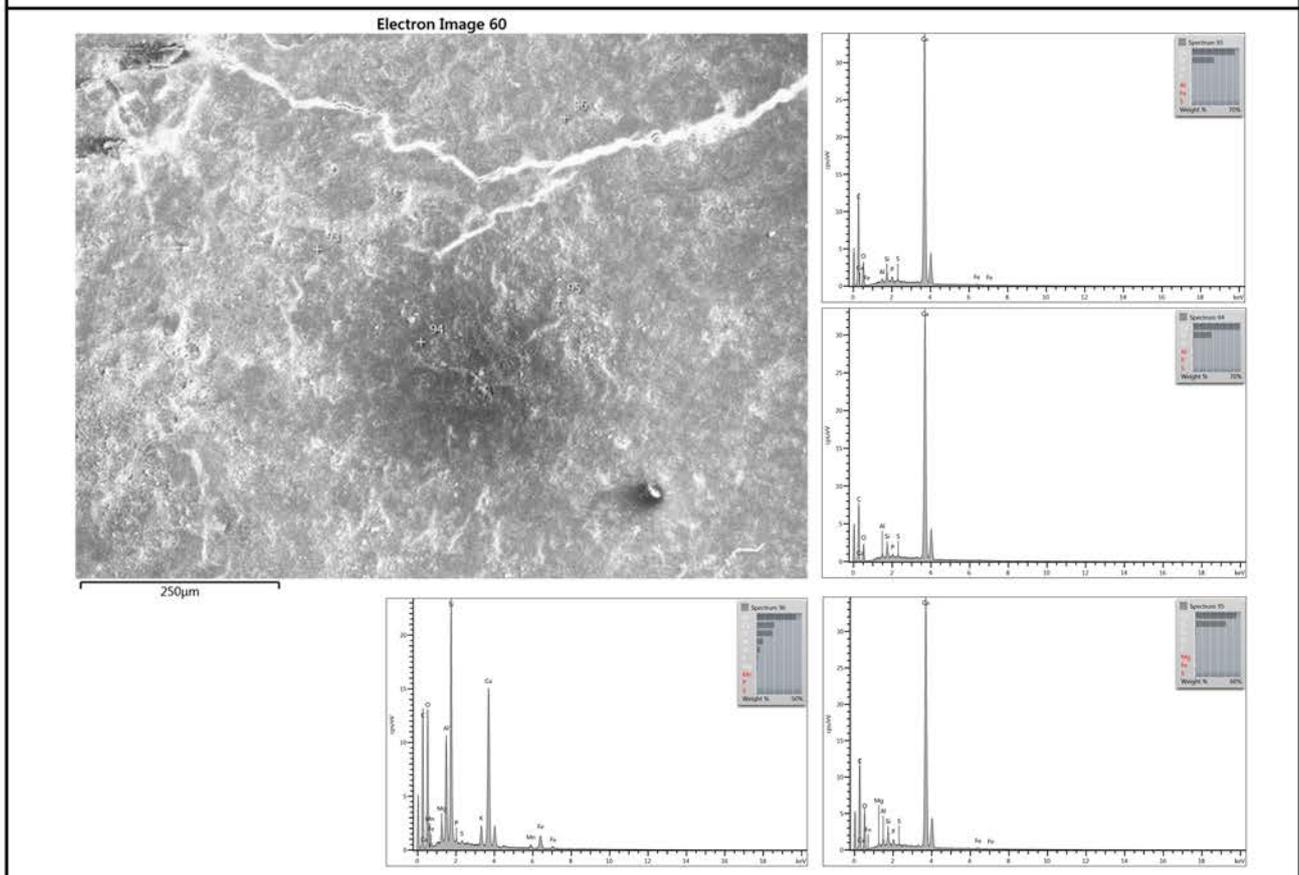
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	MIR6	Córdoba - época emiral	Nanorestore

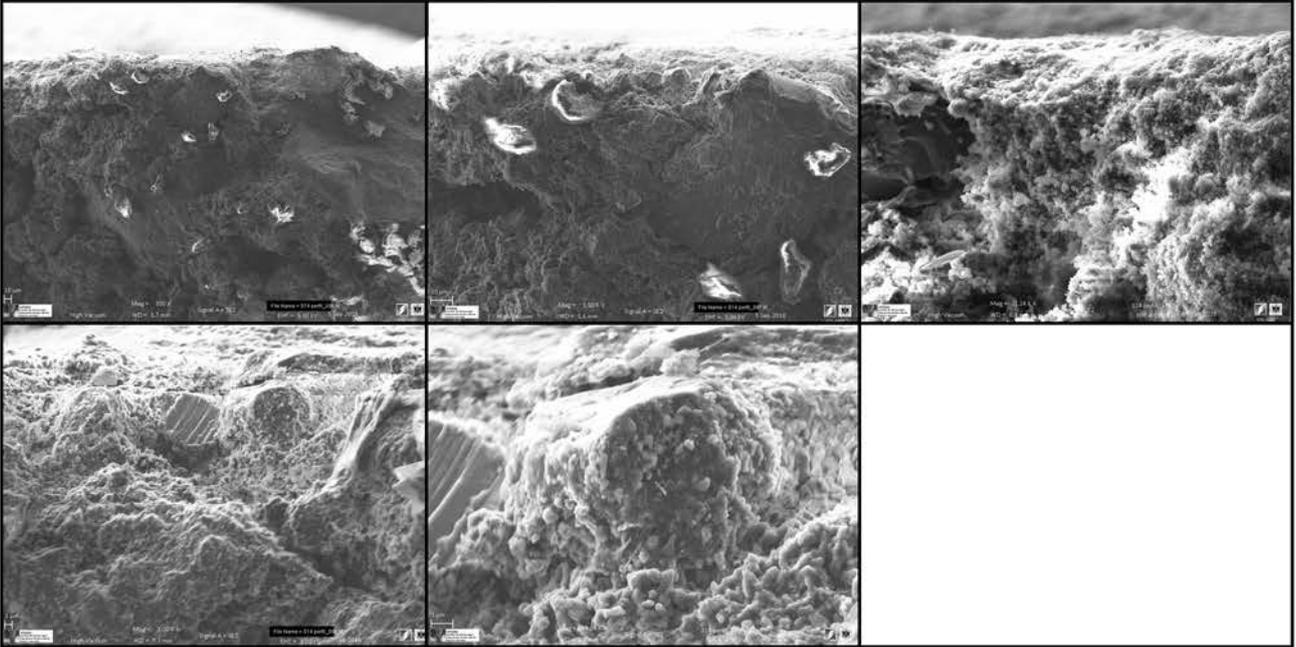
SUPERFICIE



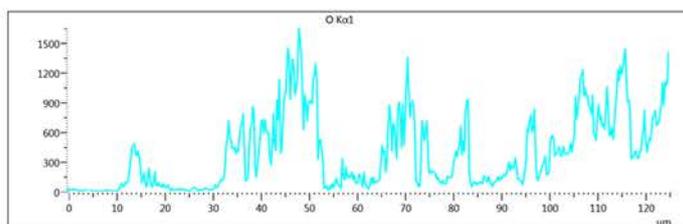
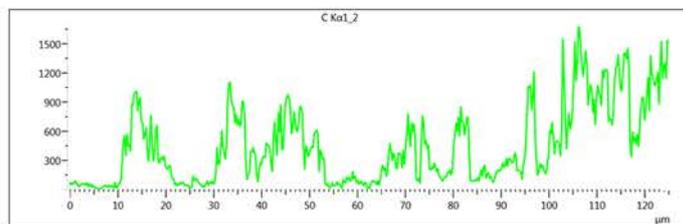
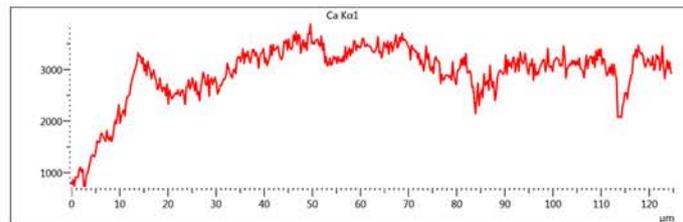
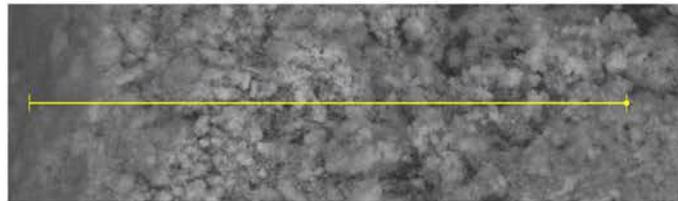
Análisis elemental



PERFIL



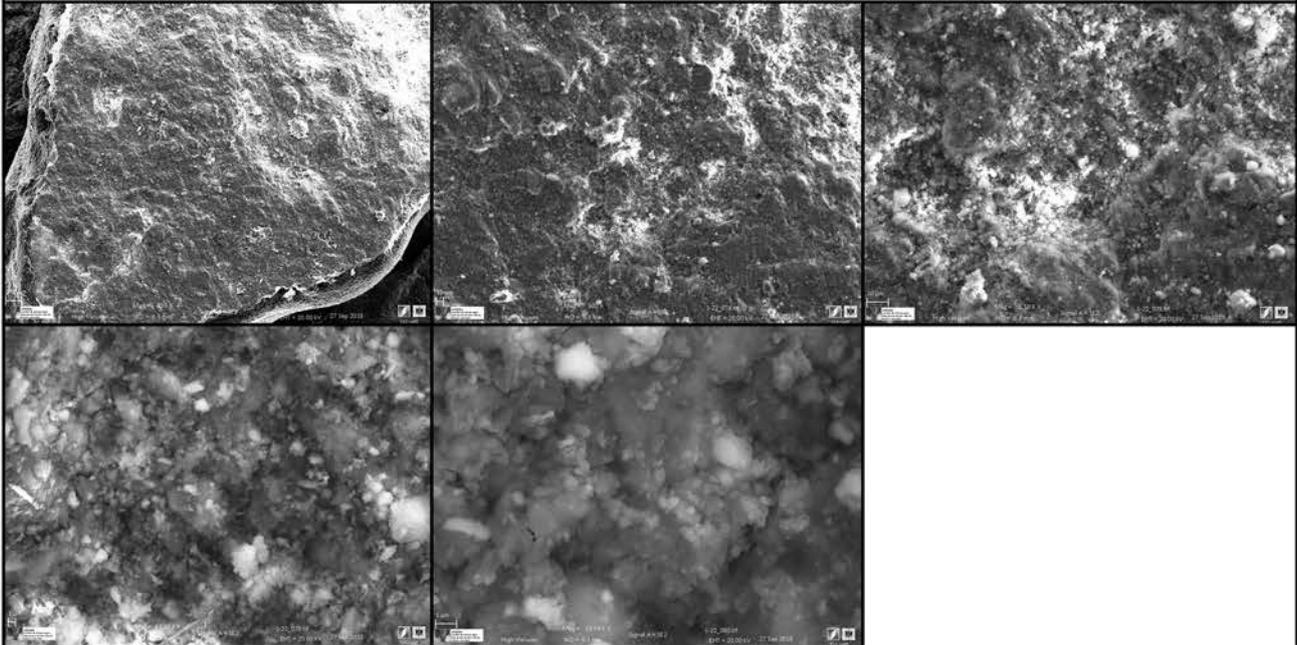
Line profile



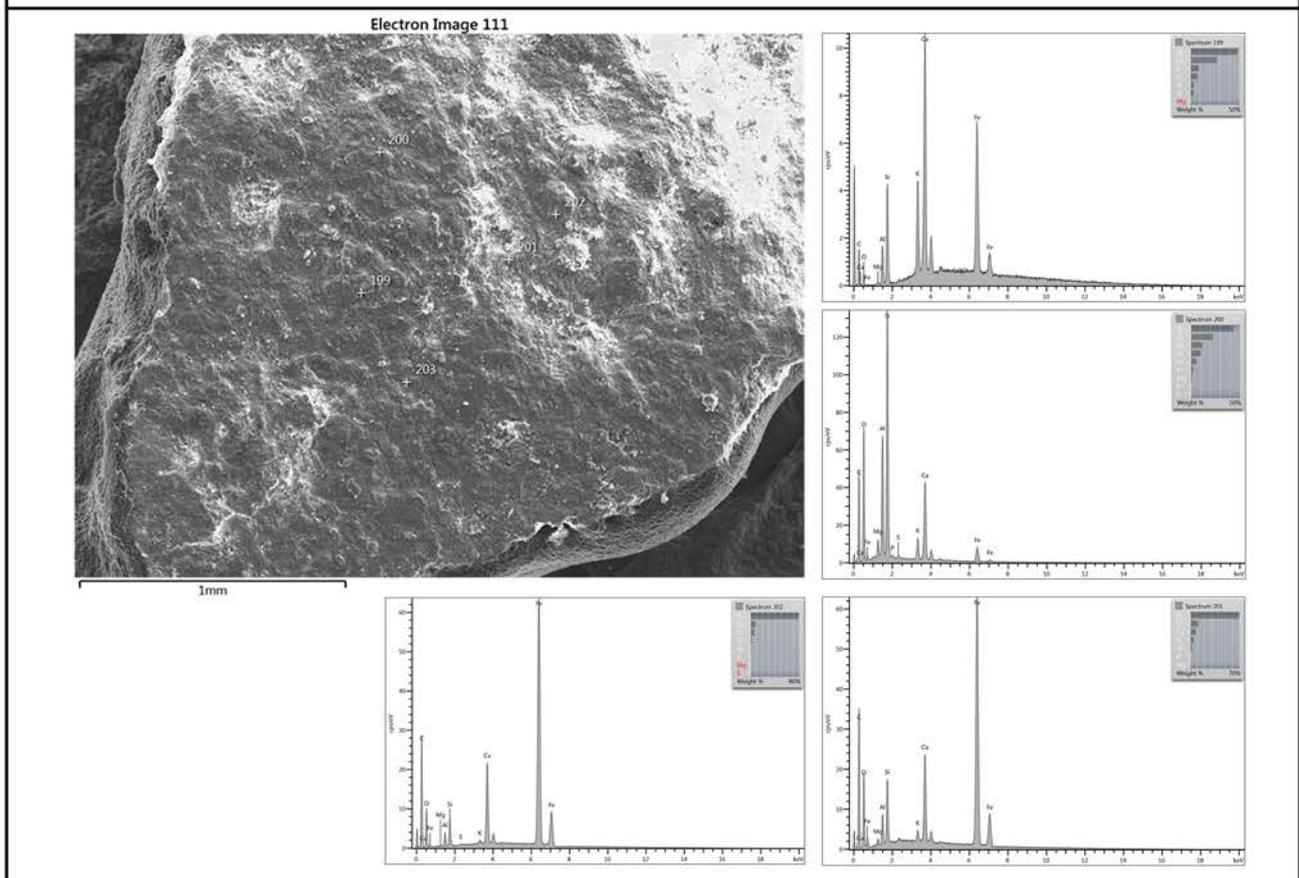
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	HRS7	Córdoba - época califal	Testigo

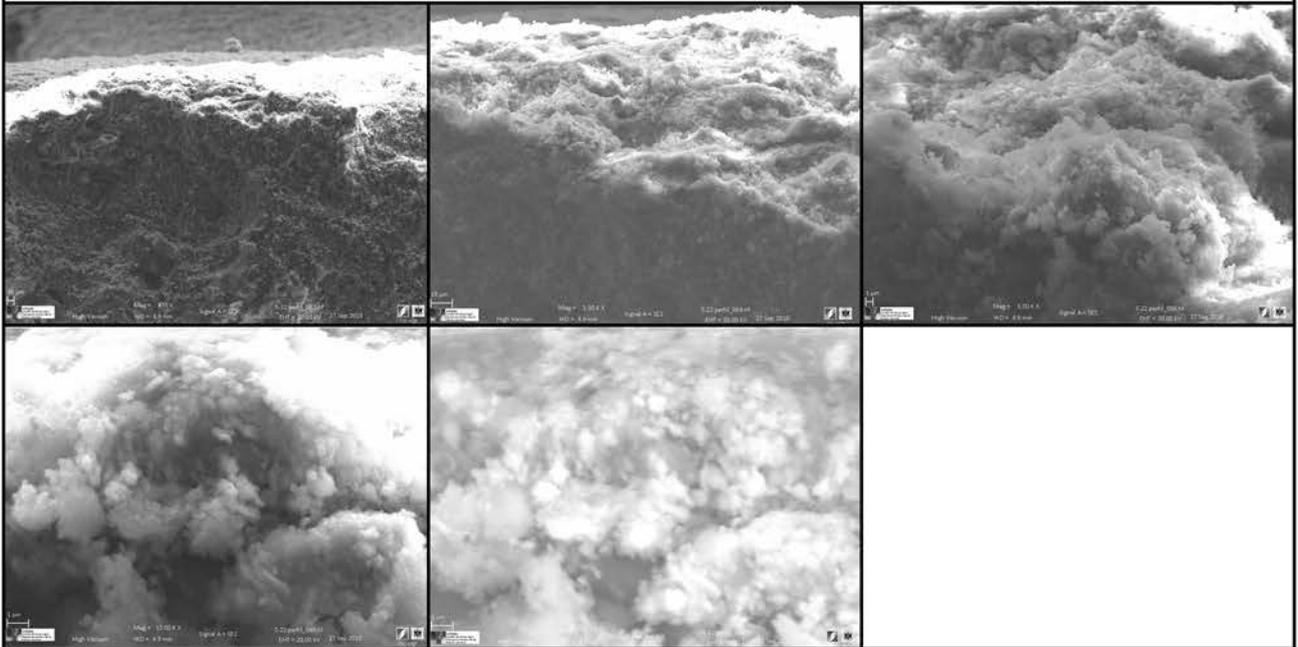
SUPERFICIE



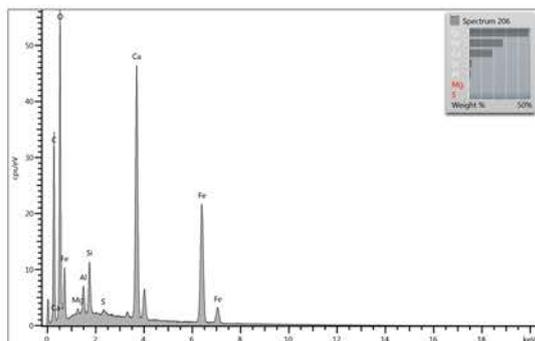
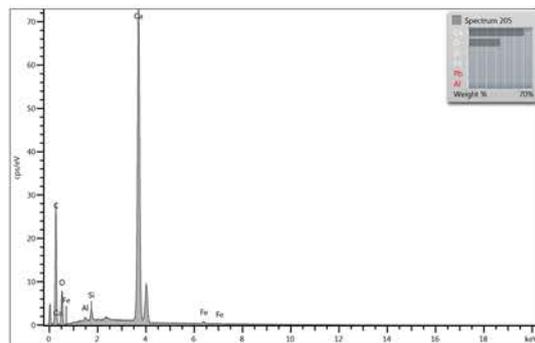
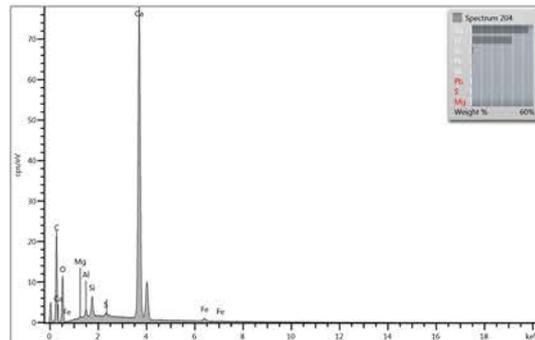
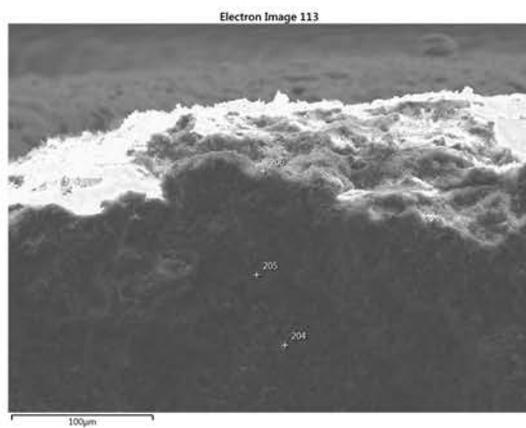
Análisis elemental



PERFIL



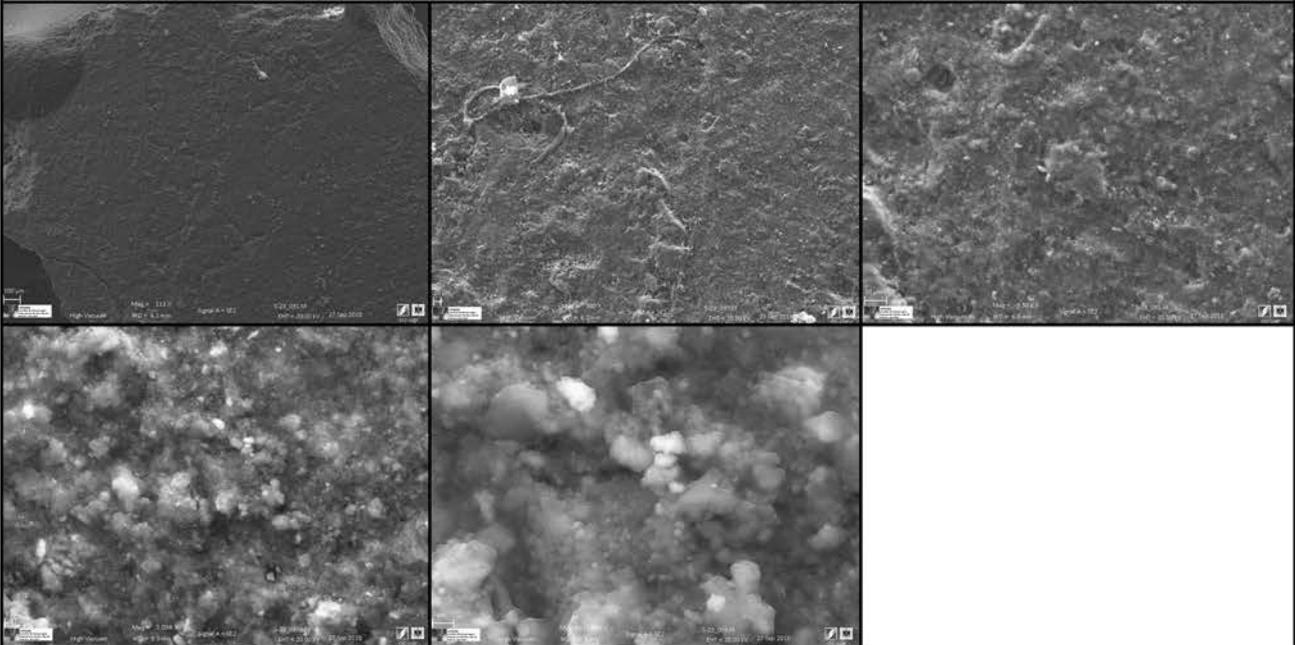
Análisis elemental



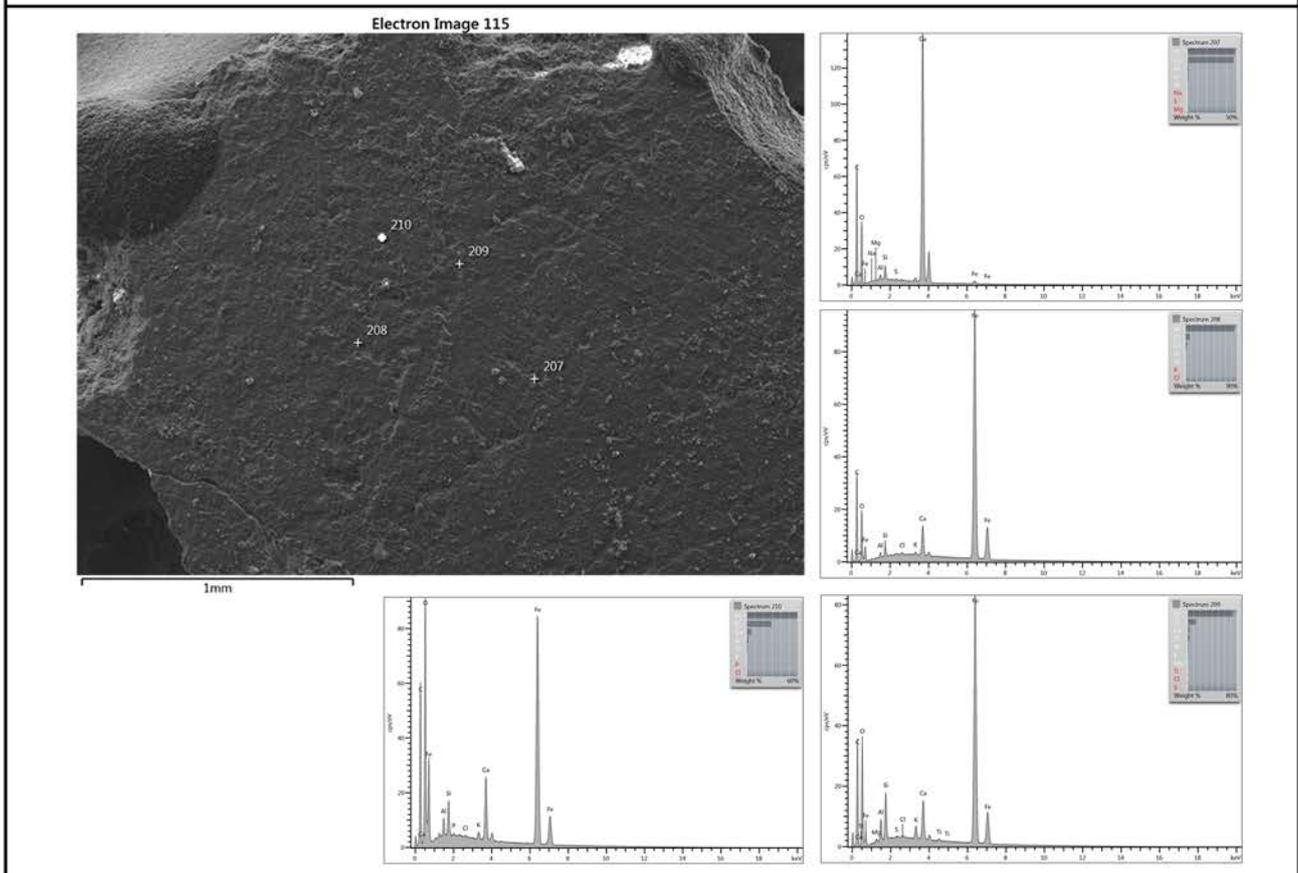
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	HRS1	Córdoba - época califal	Carbonatogénesis

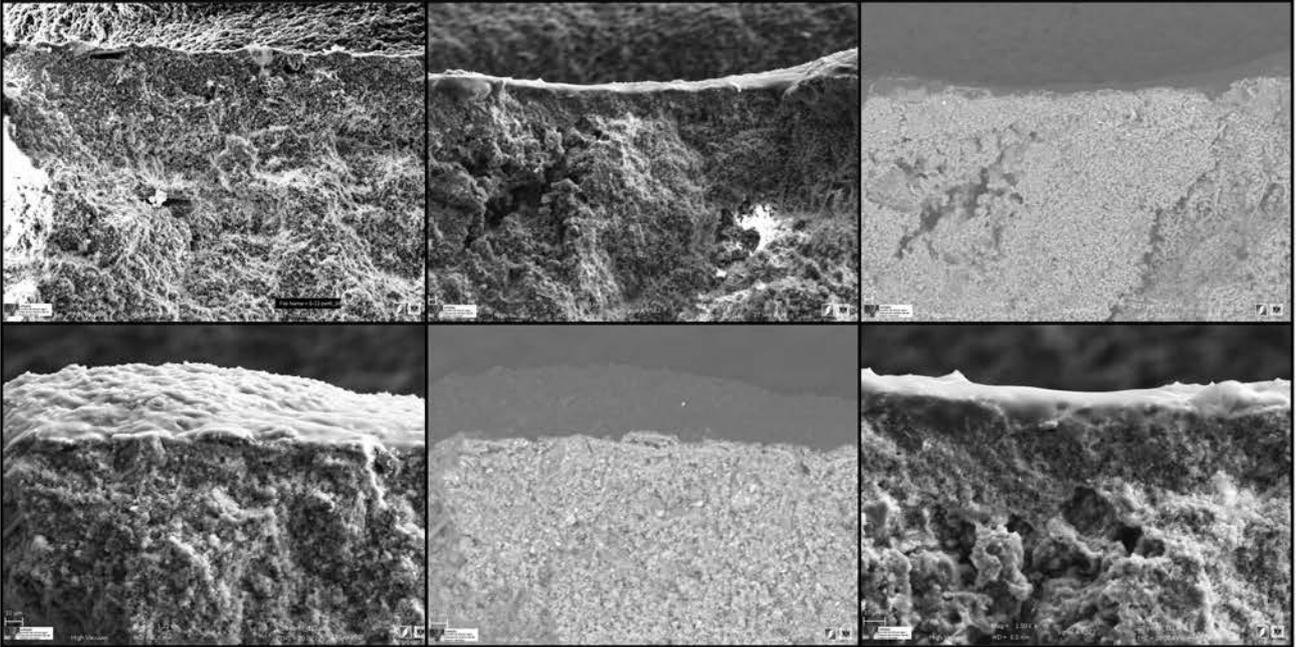
SUPERFICIE



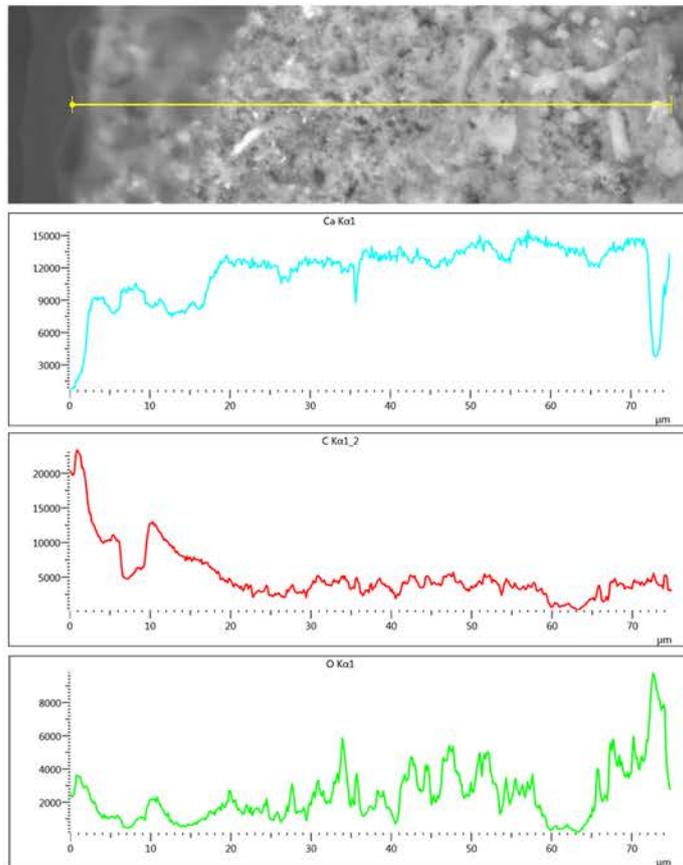
Análisis elemental



PERFIL



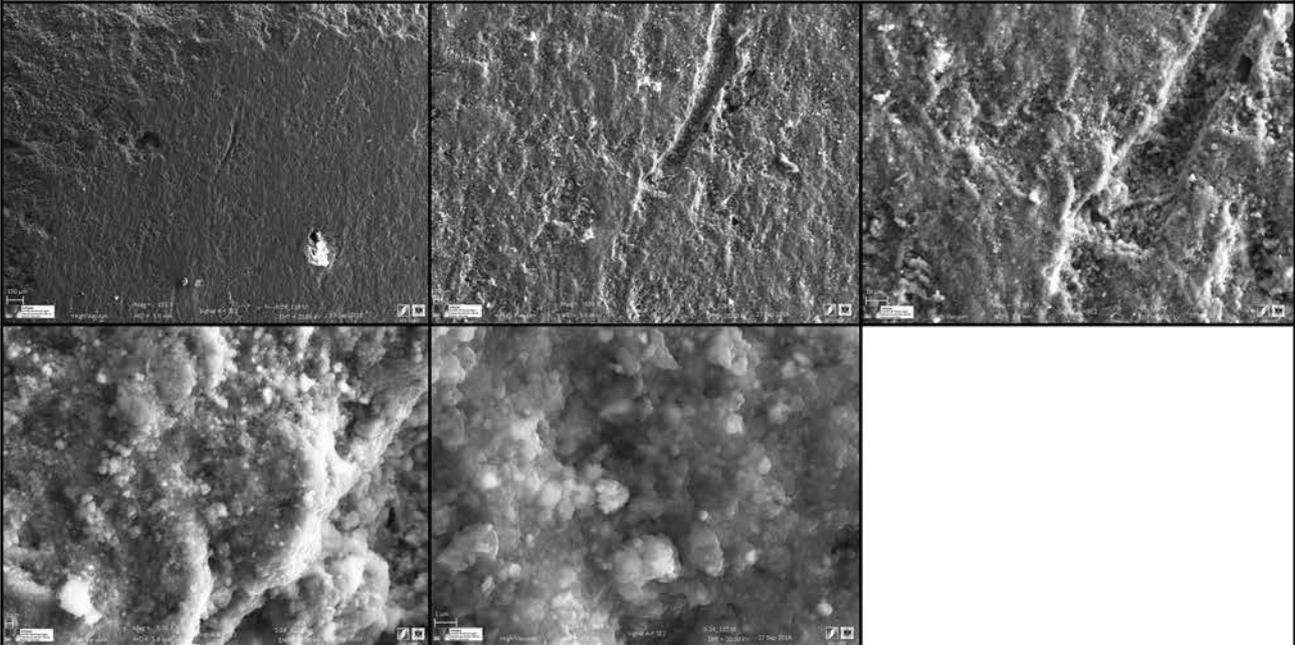
Line profile



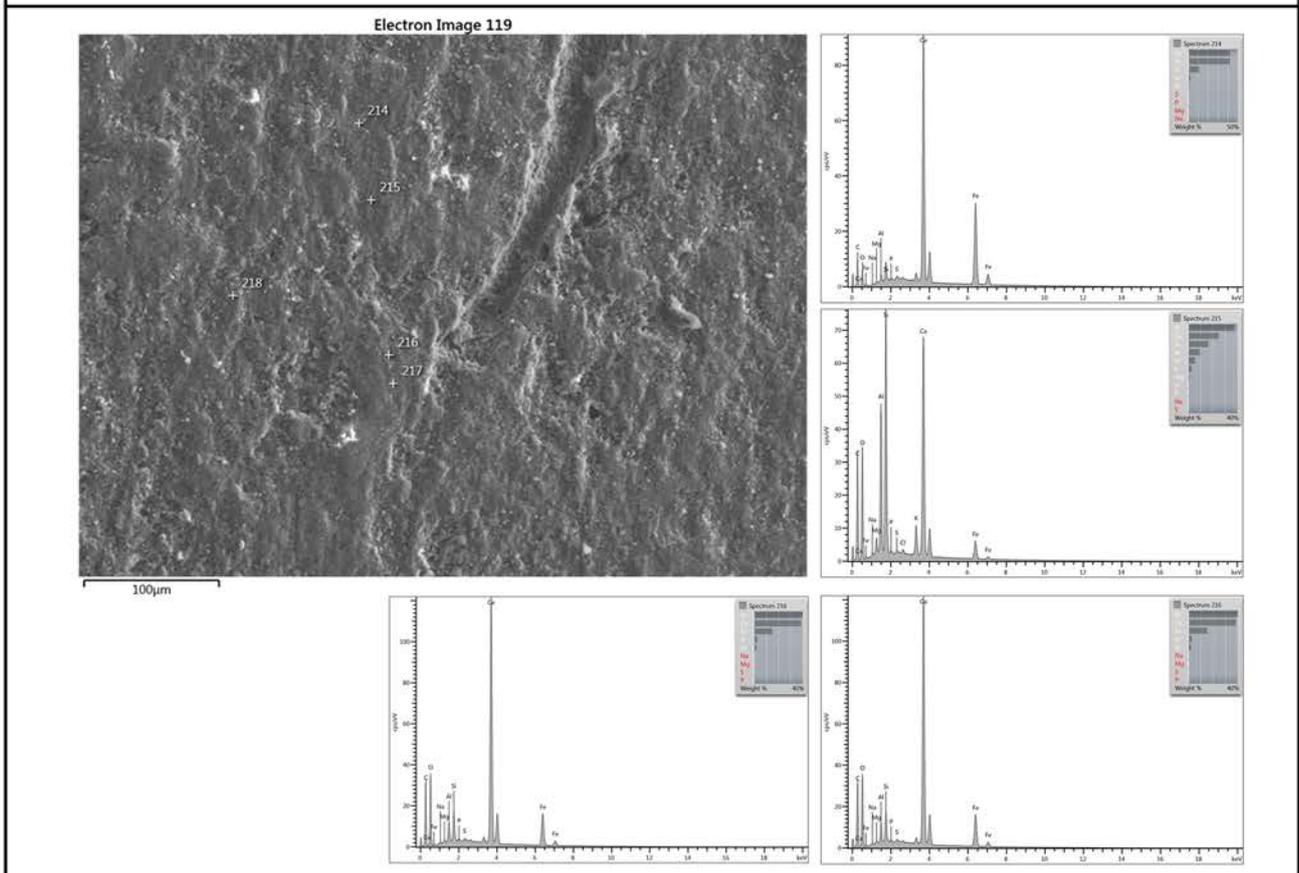
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	HRS2	Córdoba - época califal	Carbonatogénesis + <i>impacco</i>

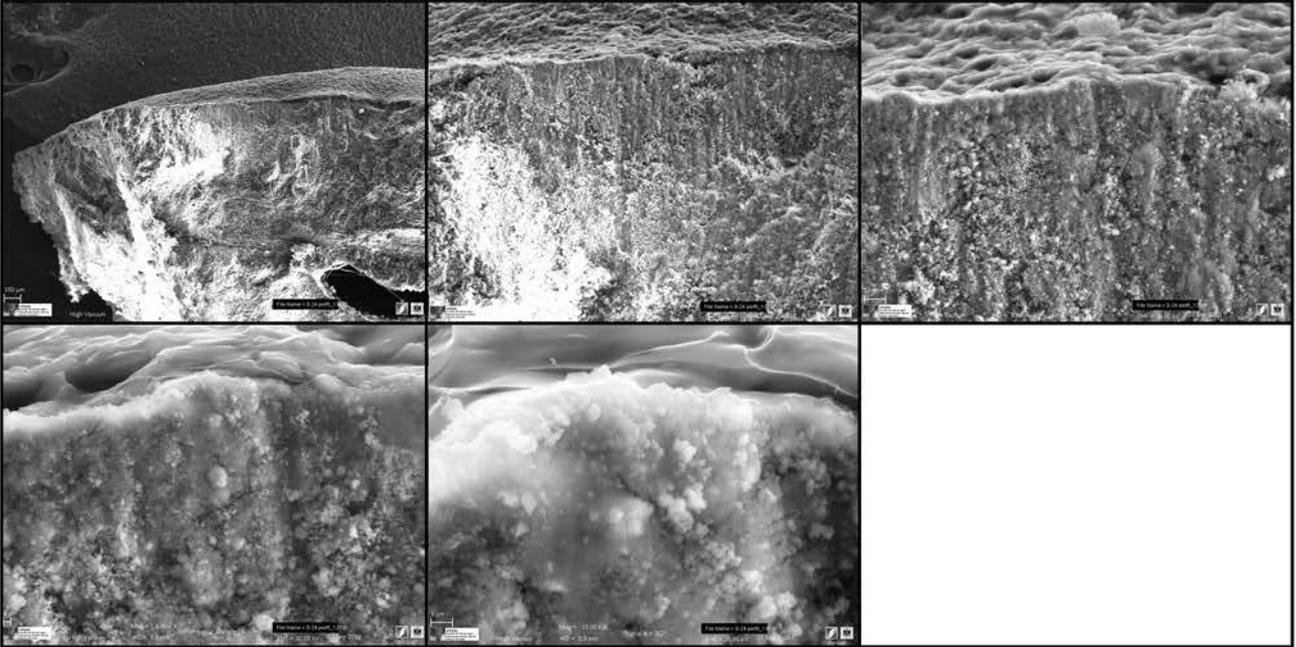
SUPERFICIE



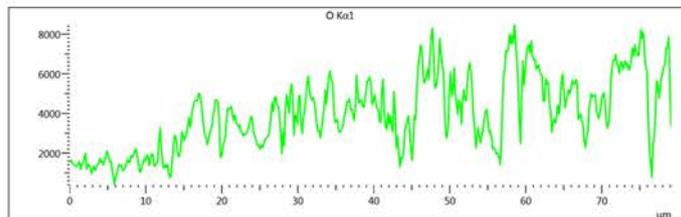
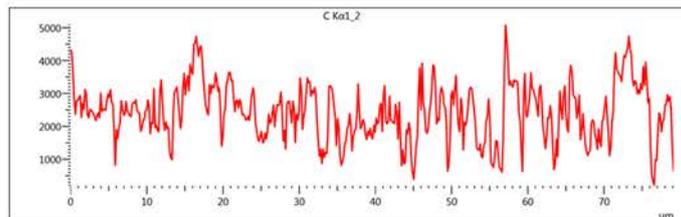
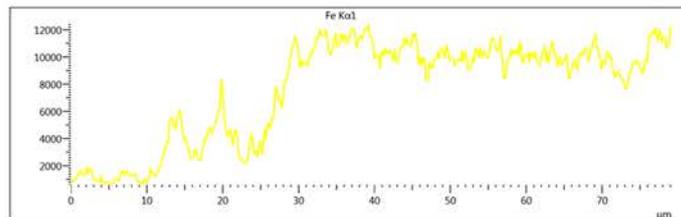
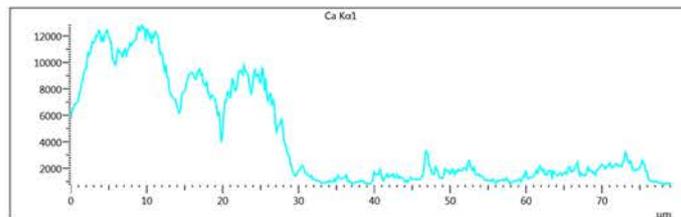
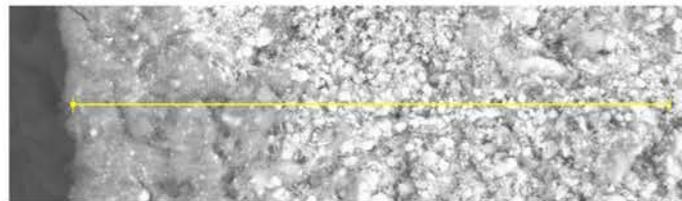
Análisis elemental



PERFIL



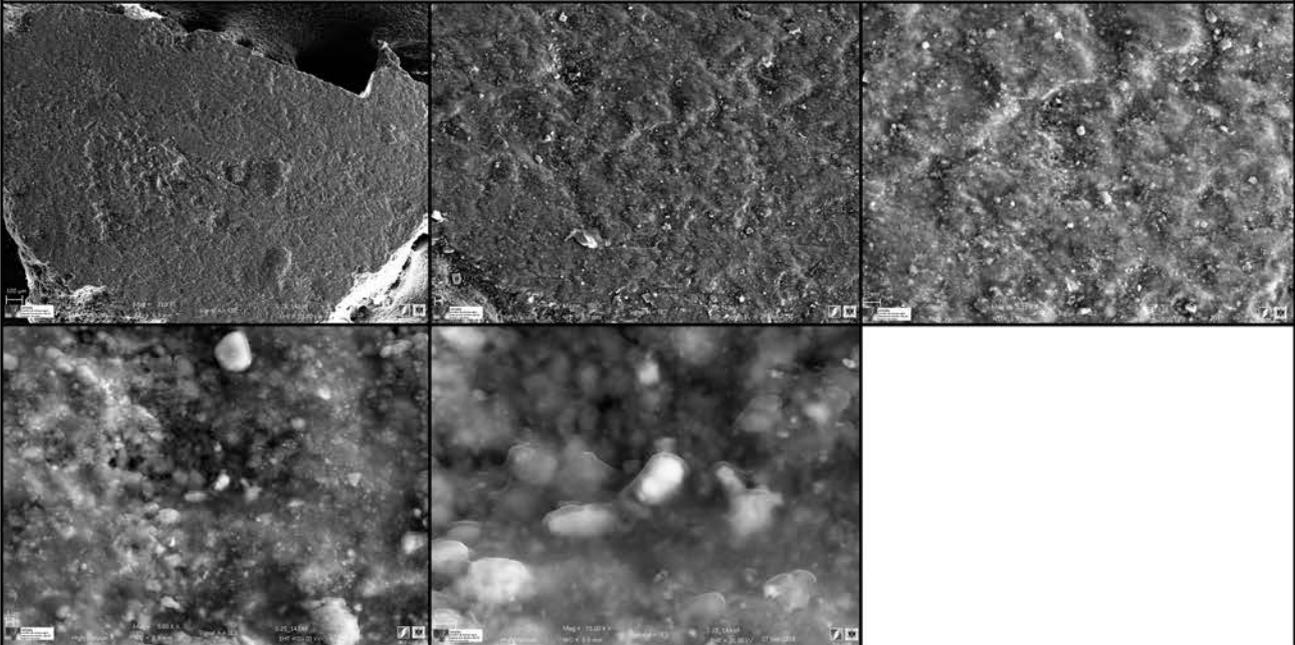
Line profile



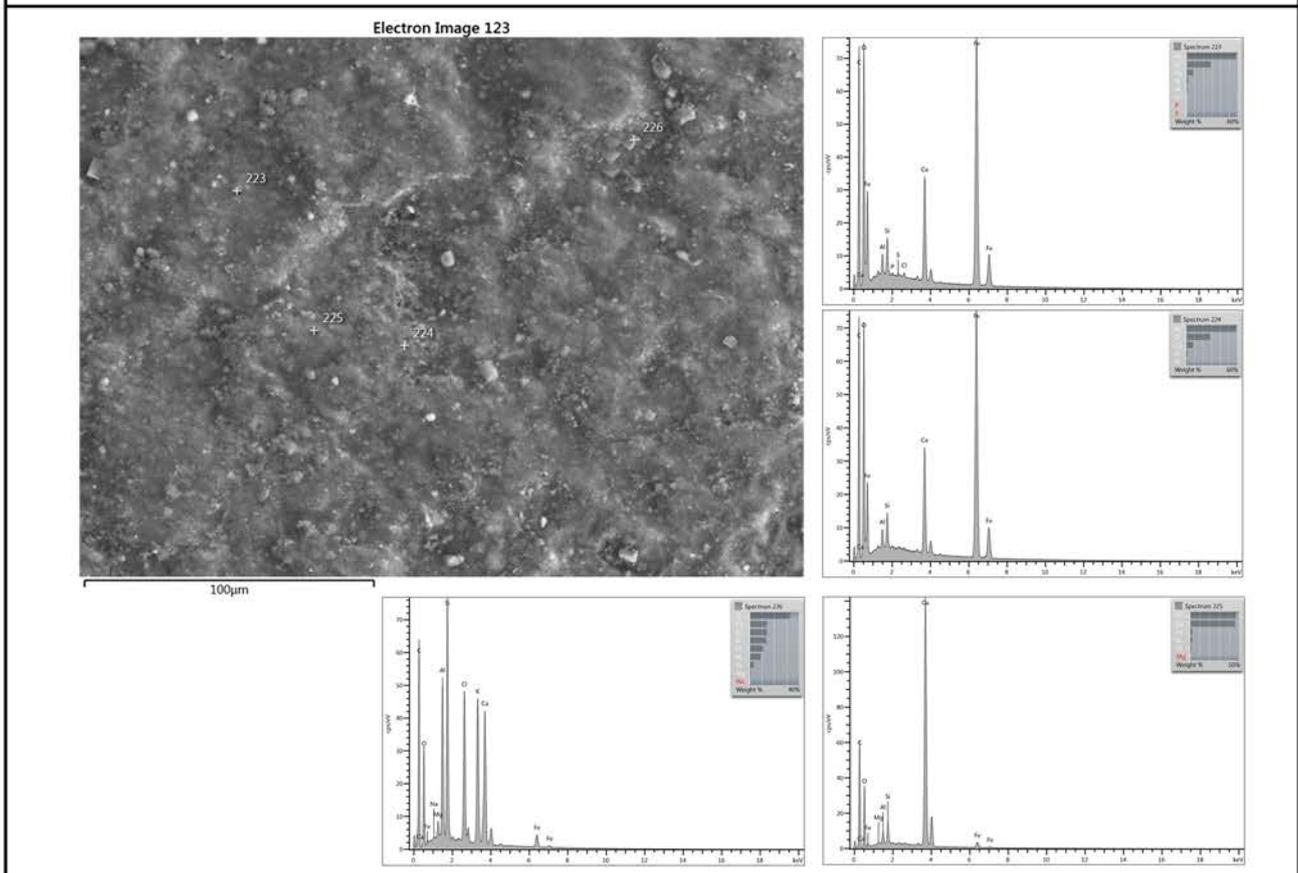
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	HRS3	Córdoba - época califal	Paraloid B72

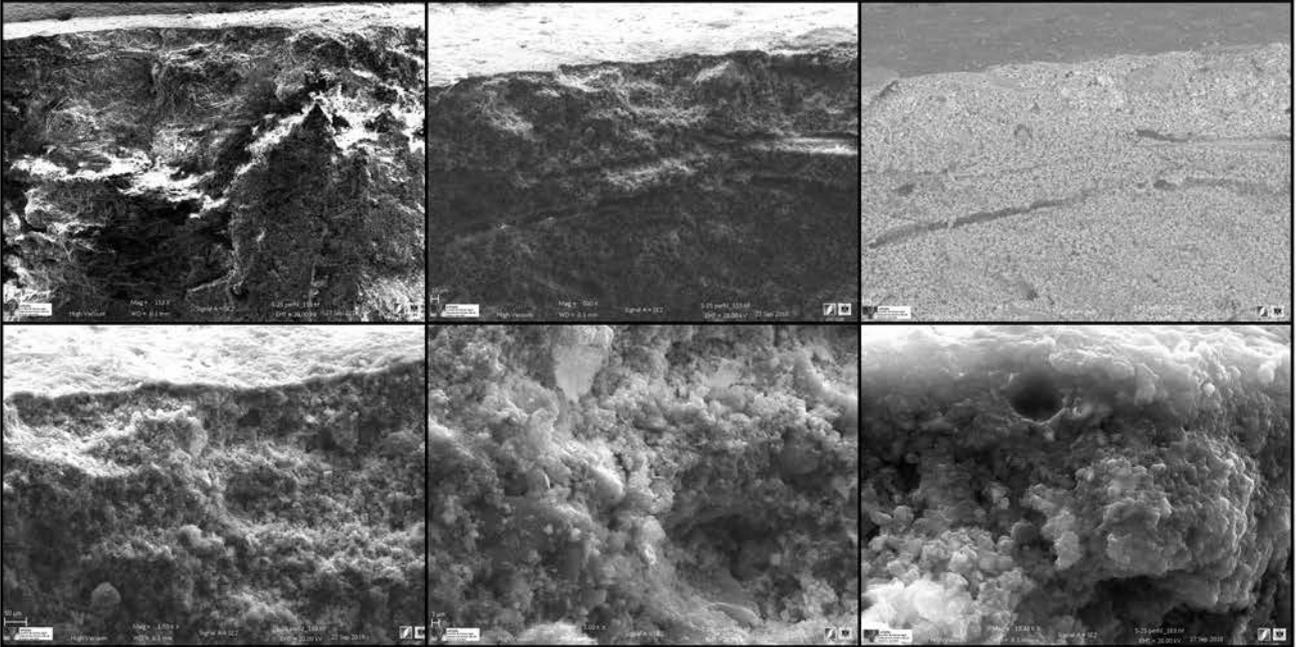
SUPERFICIE



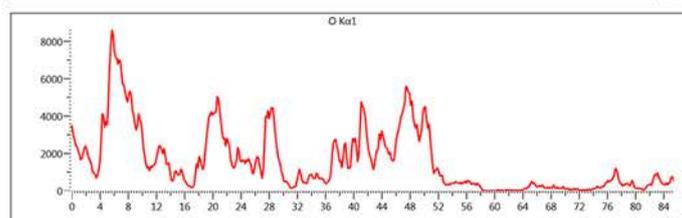
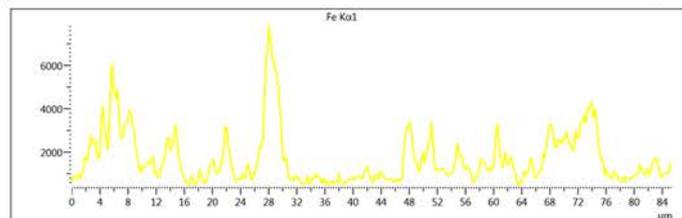
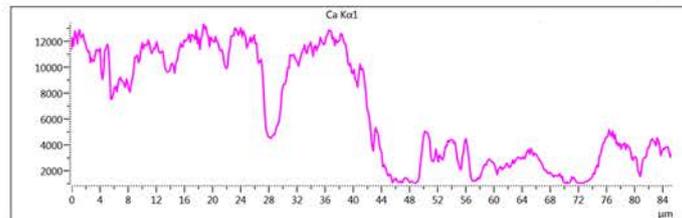
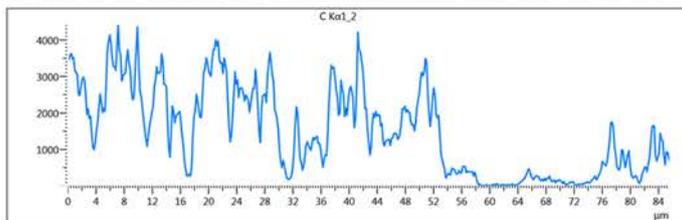
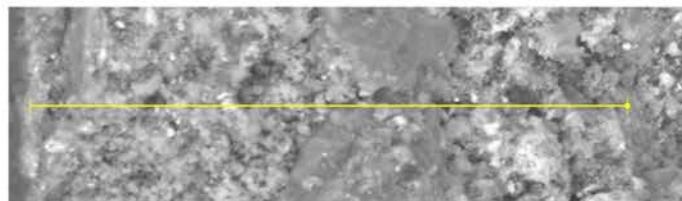
Análisis elemental



PERFIL



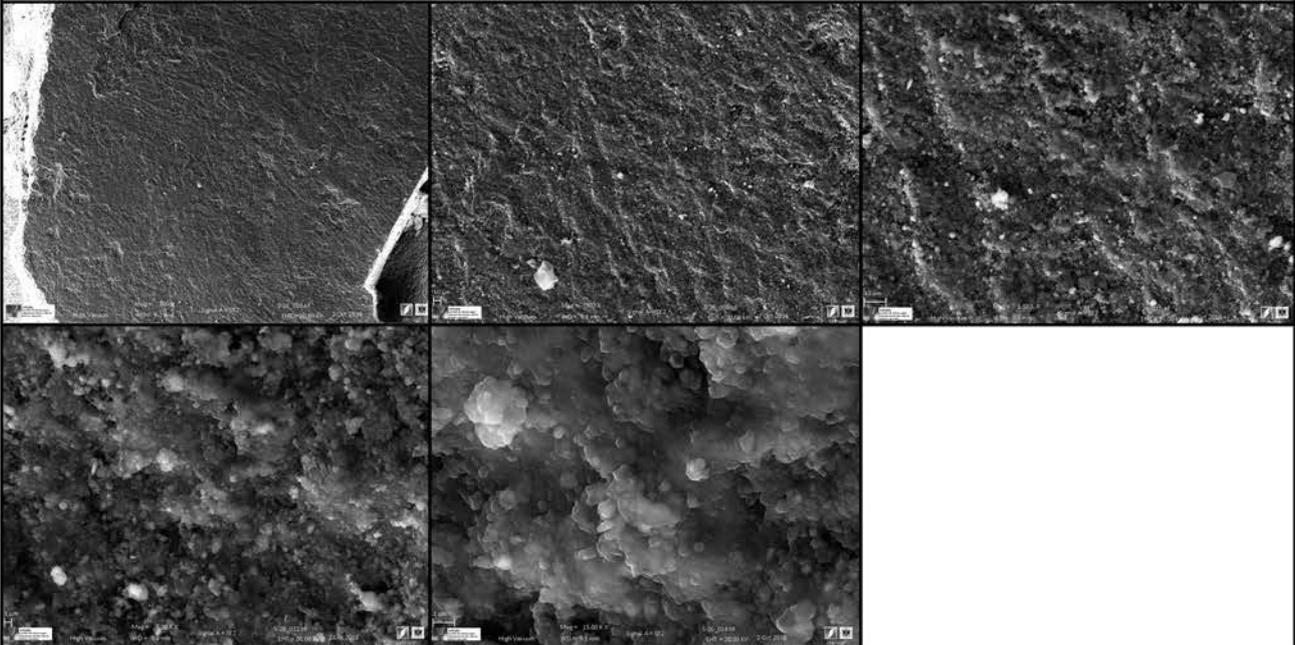
Line profile



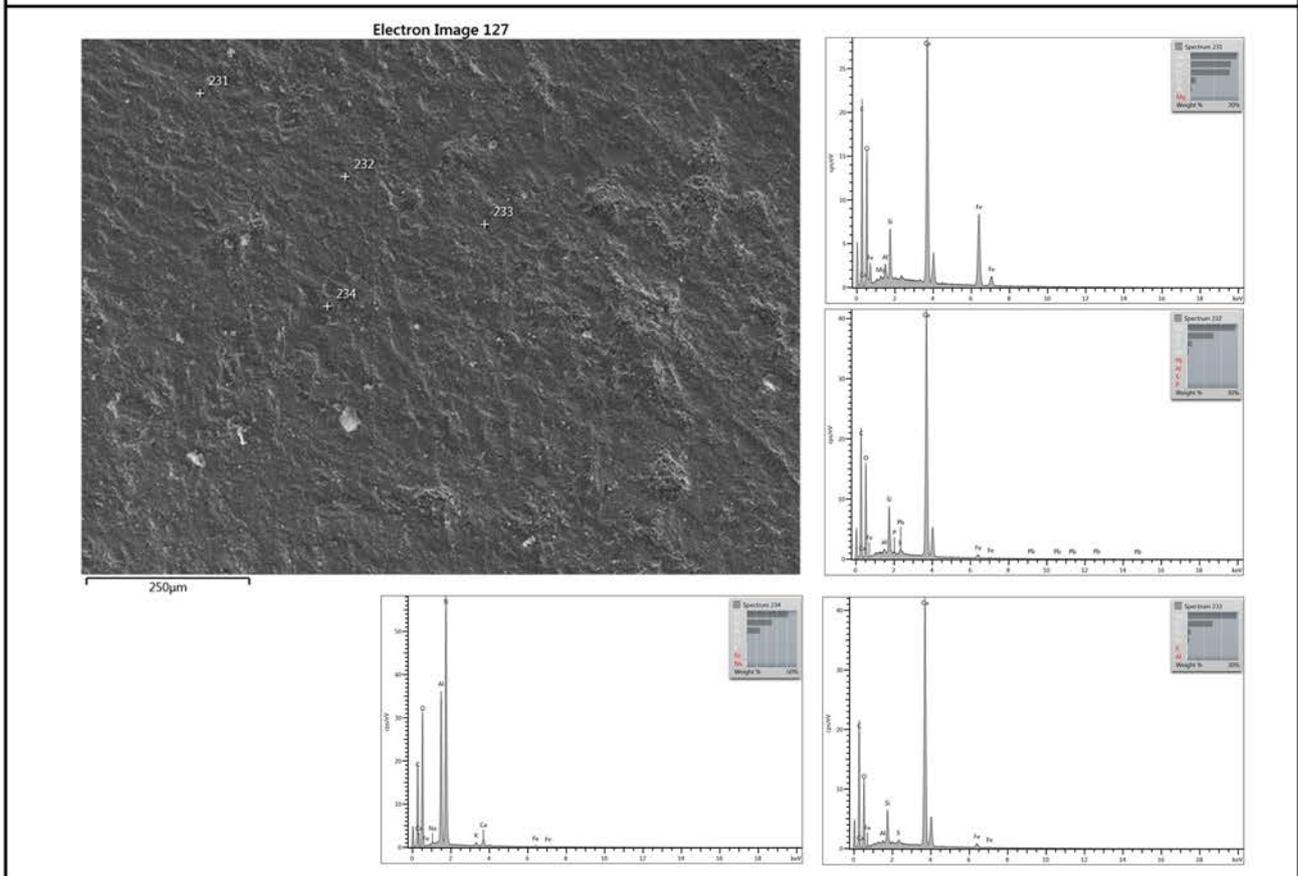
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	HRS4	Córdoba - época califal	Estel 1000

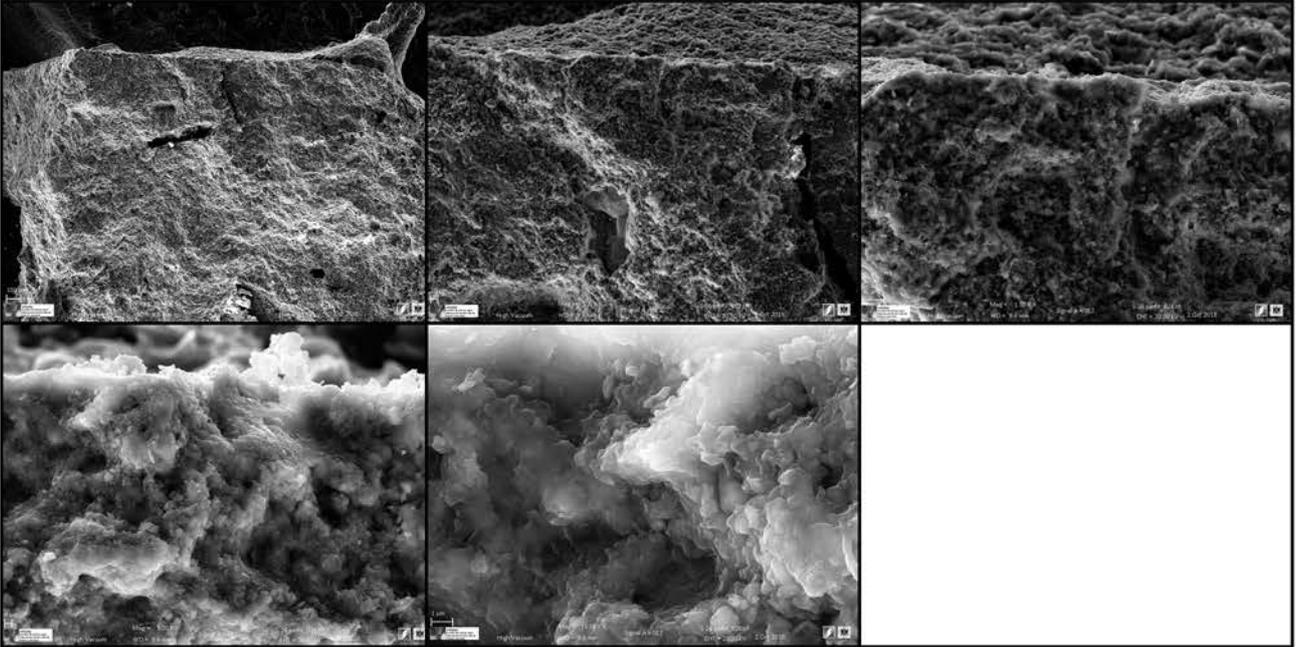
SUPERFICIE



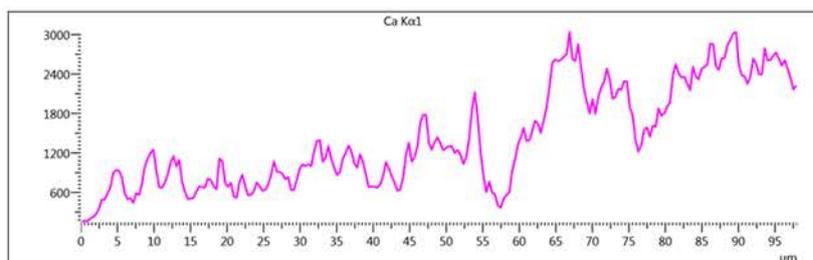
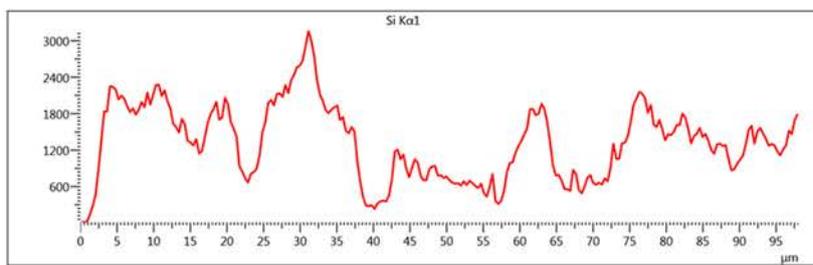
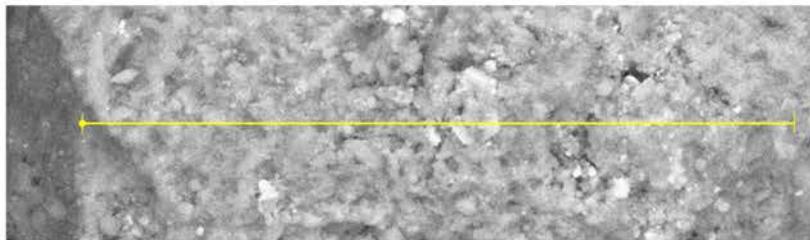
Análisis elemental



PERFIL



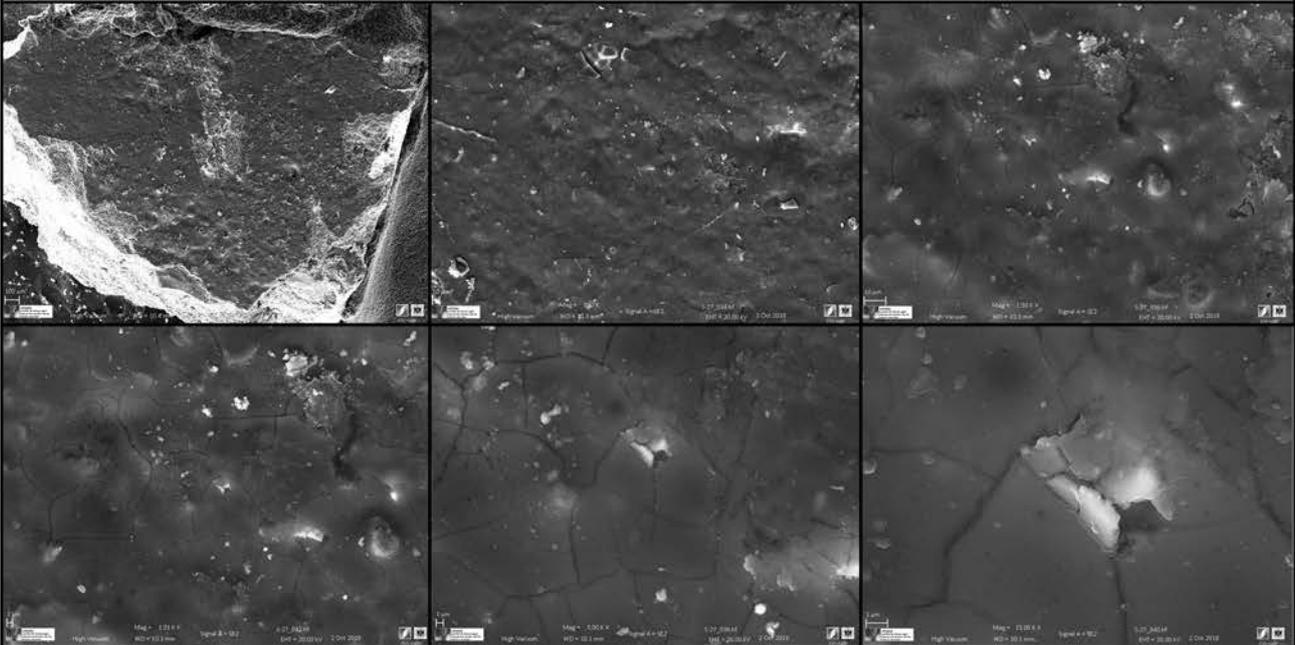
Line profile



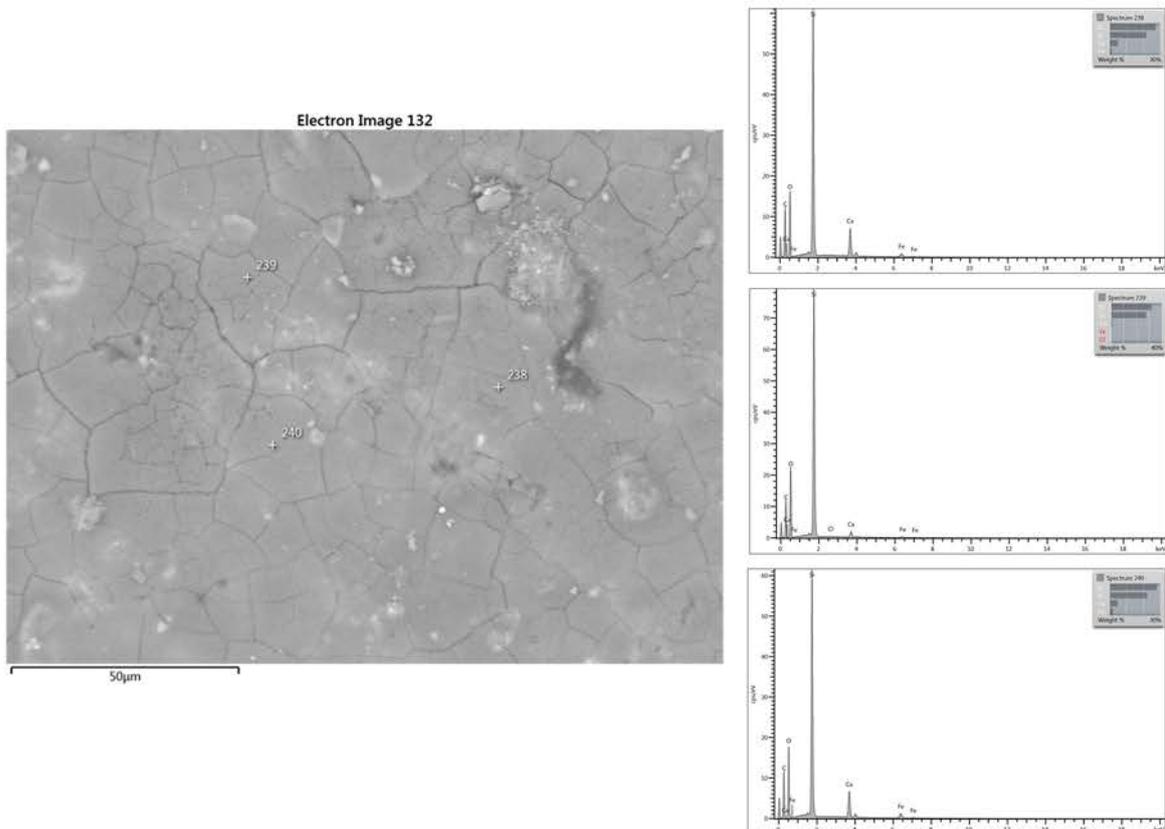
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	HRS5	Córdoba - época califal	Nano estel

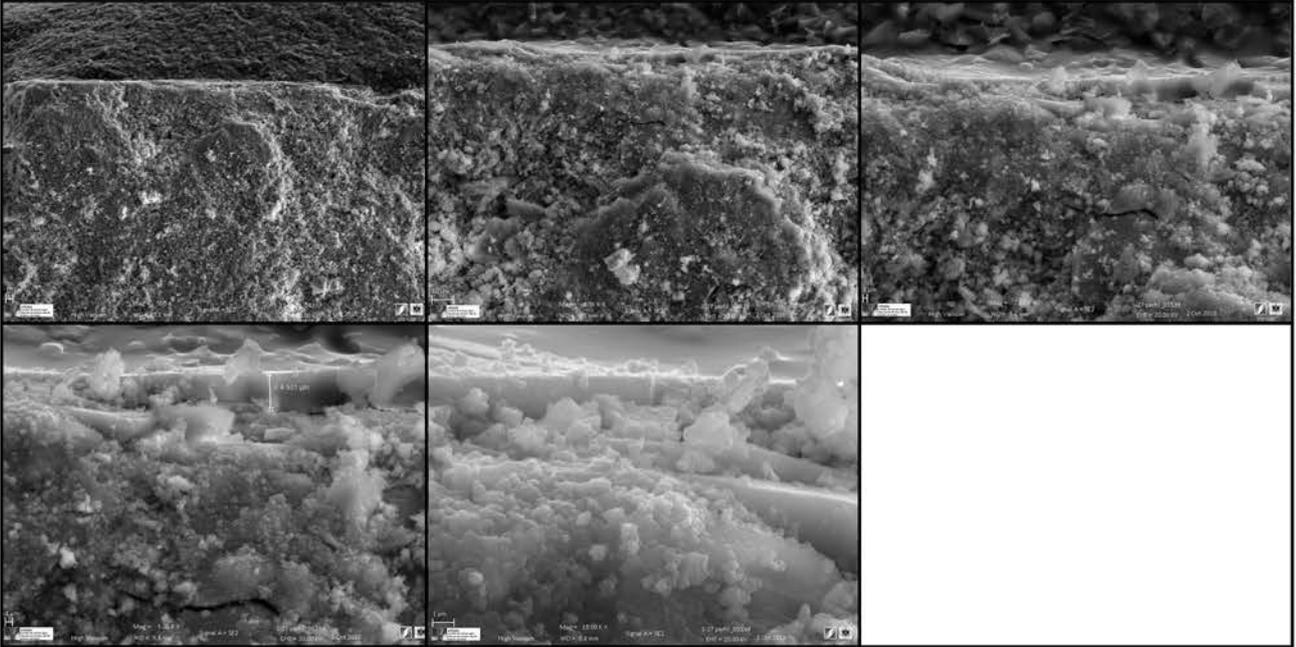
SUPERFICIE



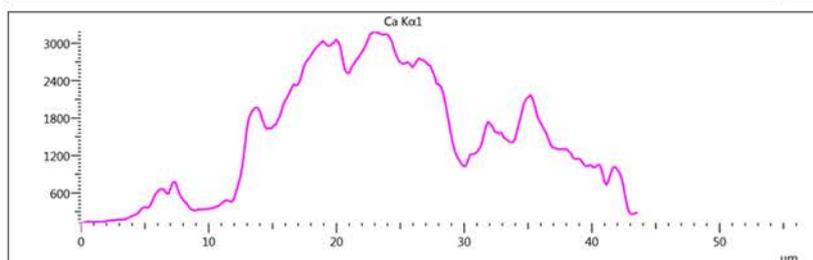
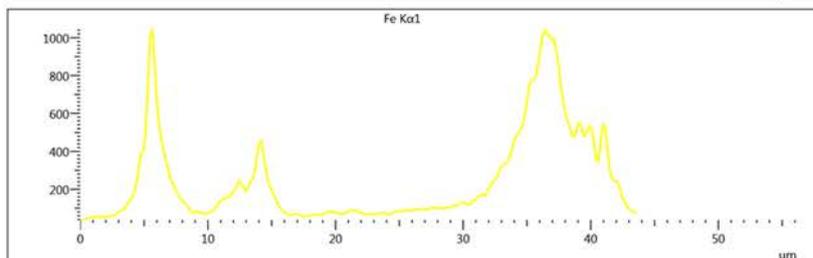
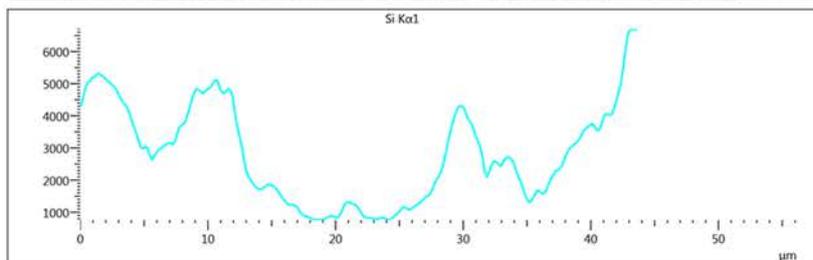
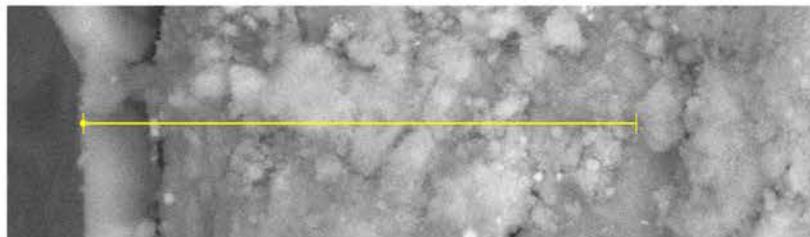
Análisis elemental



PERFIL



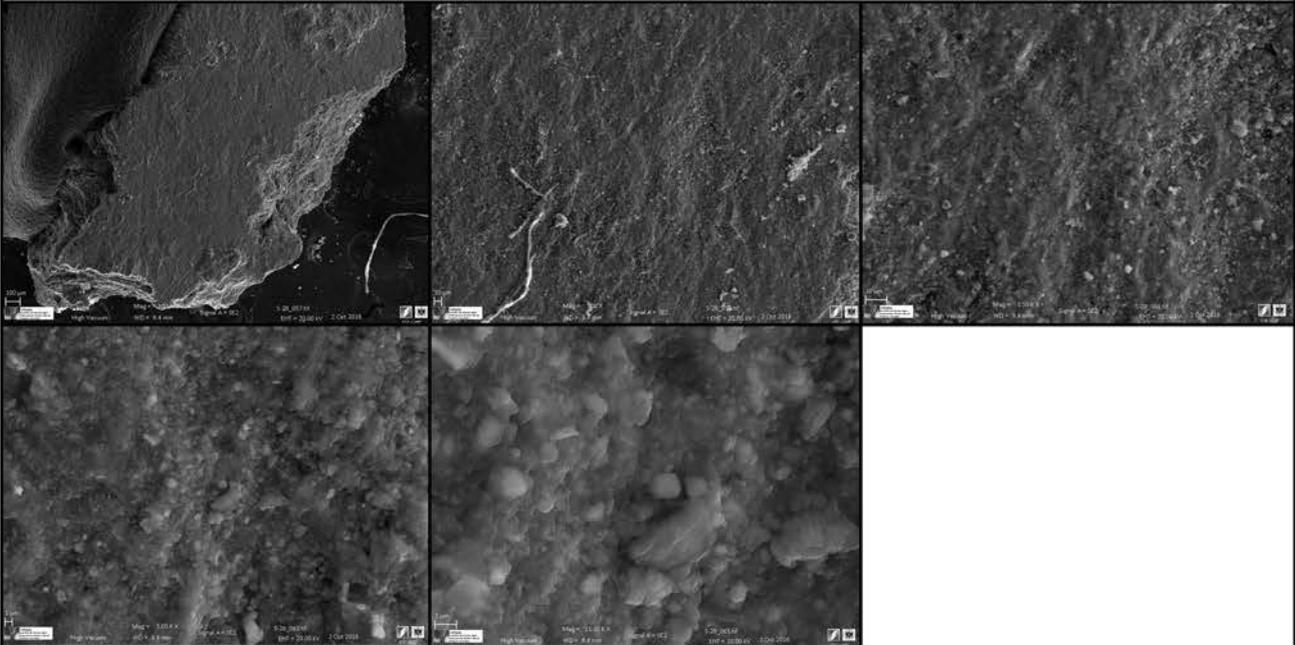
Line profile



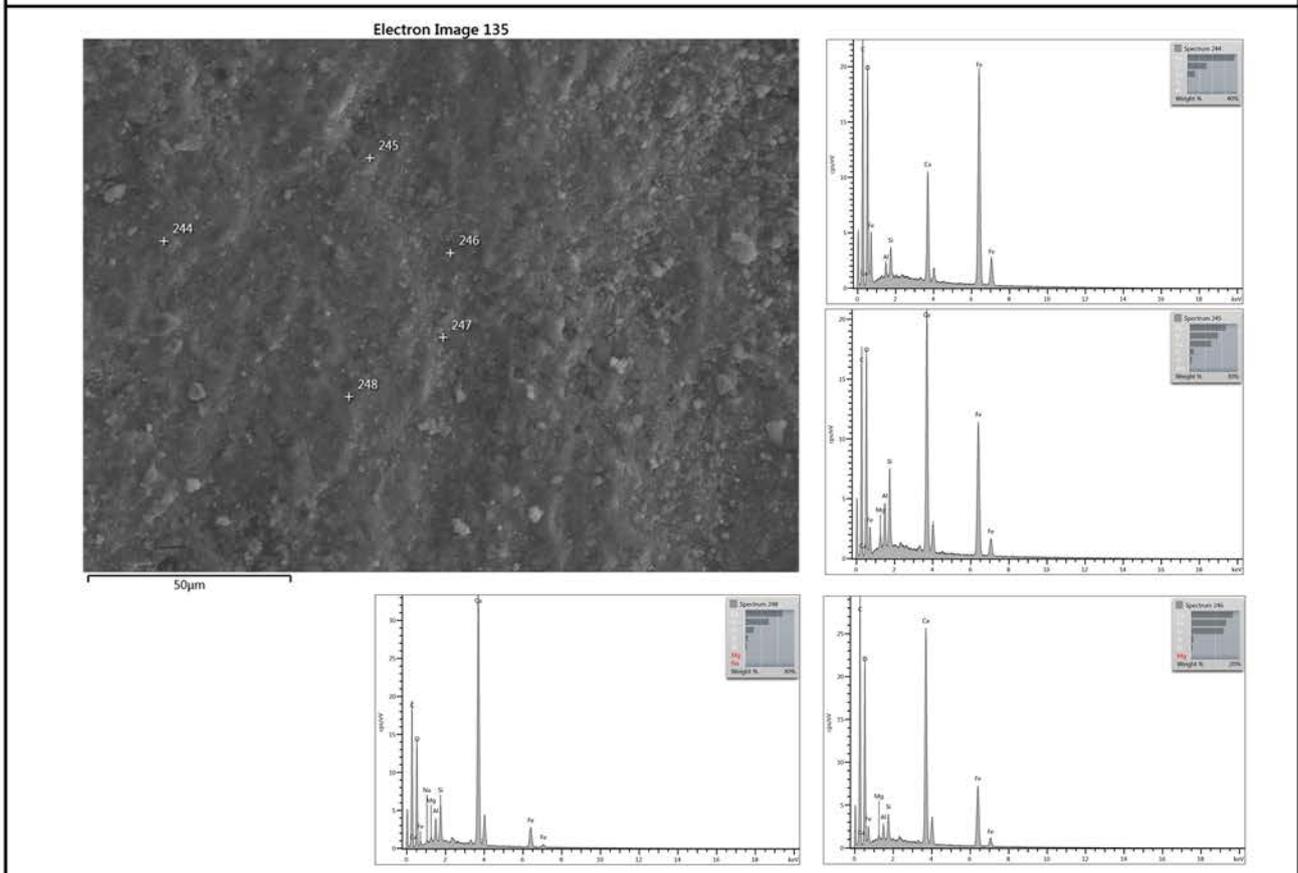
ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS HRSEM		PROCEDENCIA	TRATAMIENTO
MUESTRA	HRS6	Córdoba - época califal	Nanorestore

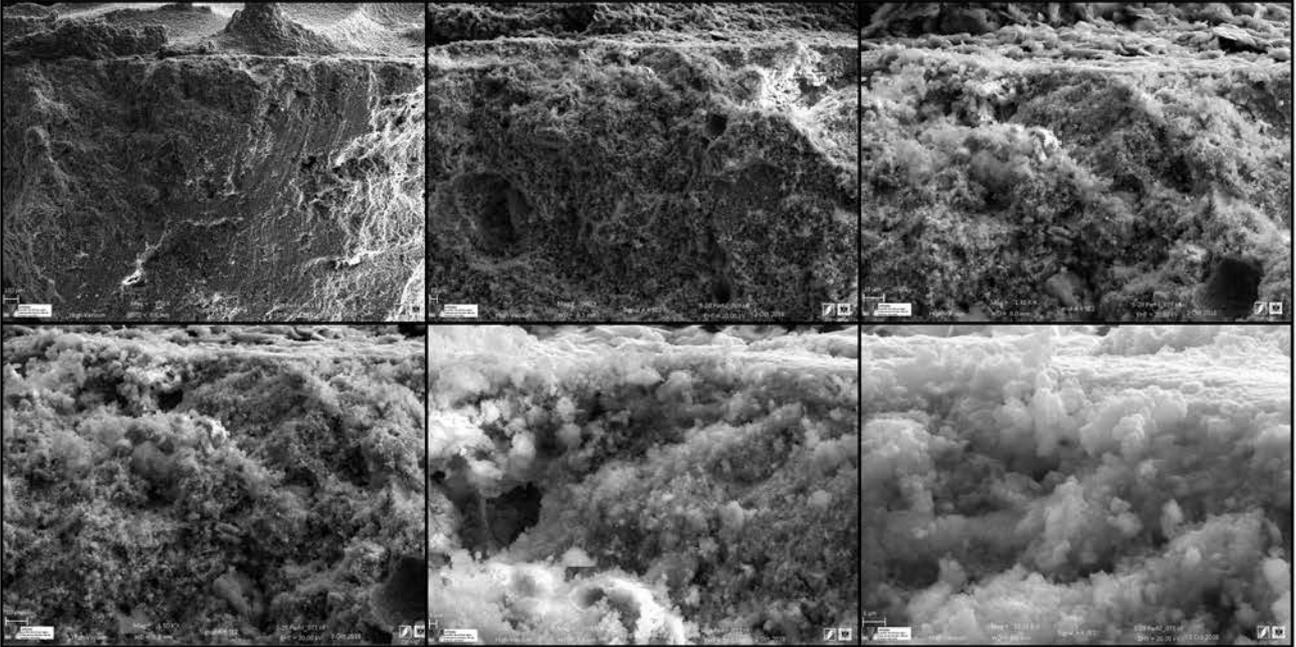
SUPERFICIE



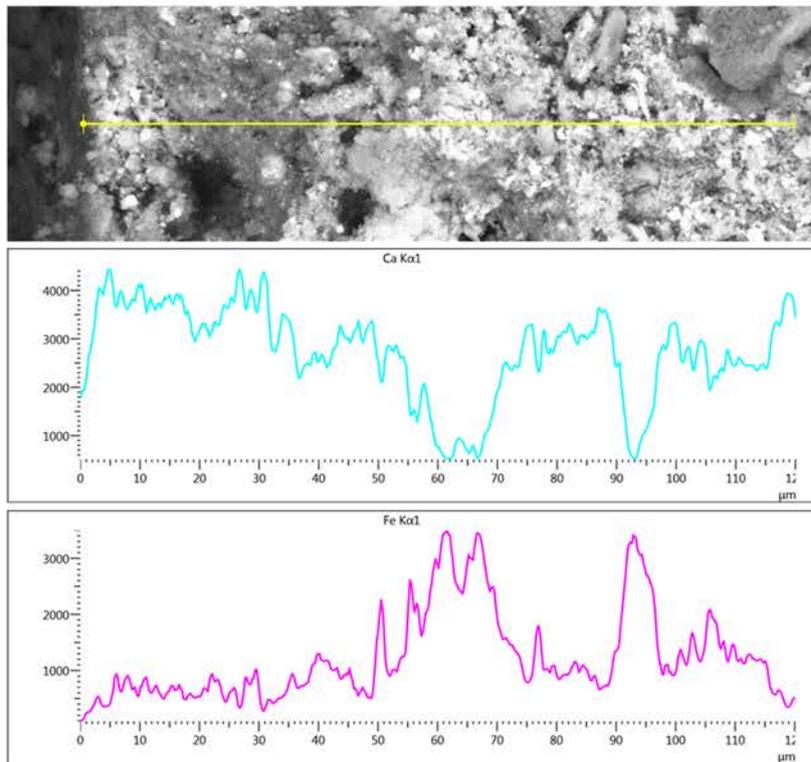
Análisis elemental



PERFIL



Line profile



ANEXO 4 - EVALUACIÓN TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN

ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE COLOR DE LA CAPA PICTÓRICA

Normas seguidas	ISO 11664-4:2008 CIE S 014-4/E:2007 CIE 15:2004 ISO 11664-2:2007 ISO 11664-1:2007	Nomenclatura
		CR: <i>Castulo</i> romanas TA: <i>Castulo</i> tardoantiguas PIT: Córdoba romanas MIR: Córdoba emirales HRS: Córdoba califales
Medidas realizadas	Cuatro medidas por color. Medida inicial antes de aplicar el tratamiento de consolidación. Medida final después de aplicar el tratamiento de consolidación.	

MCDM	sin consolidar	Carbo.	Carbo. + <i>impacco</i>	Paraloid B72	Estel 1000	Nano estel	Nanorestore	Consolidadas
CR	2.0	1.1	1.2	1.7	1.8	1.4	2.4	1.6
TA	3.2	5.1	5.6	2.2	1.9	1.4	4.2	3.4
PIT	1.8	0.7	2.8	3.3	2.3	1.8	2.3	2.2
MIR	2.4	2.2	3.0	3.0	4.2	1.5	1.6	2.8
HRS	2.3	0.5	1.3	1.5	1.0	1.3	1.6	1.2
AVG	2.3	2.1	2.5	2.1	2.0	1.5	2.4	2.1
SD	1.2	2.0	1.7	0.8	1.2	0.2	1.1	1.2

CR1 - Carbonatogénesis		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	55.5	19.5	20.8	28.5	46.9
	SD	1.9	2.6	1.7	3.0	1.4
Después del tratamiento	AVG	46.3	22.6	22.6	31.9	45.0
	SD	0.7	1.1	0.7	1.2	0.7
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	9.8	-9.1	3.4	-1.0	
	SD	1.1	0.7	1.2	0.4	

CR2 - Carbon. + <i>impacco</i>		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	45.7	16.8	15.6	22.9	42.9
	SD	0.9	0.4	0.0	0.3	0.7
Después del tratamiento	AVG	47.4	16.3	15.1	22.2	42.7
	SD	1.1	0.6	0.6	0.6	1.5
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	1.8	1.7	-0.7	-0.1	
	SD	0.9	1.1	0.6	0.6	

CR3 - Paraloid B72		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	48.4	22.9	19.9	30.3	40.9
	SD	2.0	1.7	1.8	2.5	0.7
Después del tratamiento	AVG	45.9	23.9	21.6	32.2	42.2
	SD	1.2	1.8	1.0	2.0	1.0
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	3.3	-2.5	1.9	0.6	
	SD	1.8	1.2	2.0	0.5	

CR3 - Paraloid B72		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	71.0	3.6	17.7	18.1	78.7
	SD	1.9	1.3	1.1	1.2	4.1
Después del tratamiento	AVG	69.3	5.1	22.5	23.1	77.3
	SD	3.4	0.7	0.2	0.2	1.7
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	5.3	-1.7	5.0	-0.5	
	SD	1.6	3.4	0.2	0.6	

CR3 - Paraloid B72		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	65.6	0.5	14.0	14.0	88.1
	SD	0.6	0.6	0.7	0.7	2.5
Después del tratamiento	AVG	58.1	2.2	17.4	17.5	82.9
	SD	0.8	0.3	0.8	0.8	0.9
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	8.4	-7.5	3.5	-1.4	
	SD	0.6	0.8	0.8	0.3	

CR4 - Estel 1000		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	47.3	19.2	17.6	26.1	42.5
	SD	1.9	2.1	1.0	2.2	1.6
Después del tratamiento	AVG	45.7	18.7	15.9	24.5	40.6
	SD	0.6	2.0	1.2	2.3	1.1
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	2.4	-1.6	-1.5	-0.9	
	SD	1.4	0.6	2.3	0.5	

CR5 - Nano estel		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	49.0	16.6	16.0	23.1	44.1
	SD	0.8	1.2	0.5	1.2	1.5
Después del tratamiento	AVG	50.1	15.7	14.3	21.3	42.4
	SD	1.3	1.0	0.8	1.0	2.1
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	2.3	1.2	-1.8	-0.7	
	SD	1.4	1.3	1.0	0.8	

CR6 - Nanorestore		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	46.2	21.9	21.5	30.7	44.5
	SD	2.6	2.2	0.8	1.7	3.1
Después del tratamiento	AVG	49.2	21.7	21.2	30.4	44.3
	SD	1.0	2.0	1.8	2.6	0.7
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	2.9	2.9	-0.3	-0.1	
	SD	1.1	1.0	2.6	0.3	

TA1 - Carbonatogénesis		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	70.4	2.1	14.9	15.1	82.2
	SD	5.0	1.2	0.8	0.8	4.6
Después del tratamiento	AVG	65.7	3.8	21.4	21.8	80.2
	SD	4.9	2.0	3.2	3.5	4.0
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	8.2	-4.7	6.7	-0.7	
	SD	4.9	4.9	3.5	1.3	

TA2 - Carbon. + <i>impacco</i>		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	73.5	1.9	15.0	15.1	83.4
	SD	3.7	1.4	3.1	3.2	4.5
Después del tratamiento	AVG	56.3	5.4	20.9	21.6	75.3
	SD	6.8	1.1	2.5	2.4	3.2
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	18.5	-17.2	6.5	-2.3	
	SD	5.8	6.8	2.4	0.9	

TA3 - Paraloid B72		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	69.9	6.9	18.7	19.9	70.0
	SD	0.7	1.0	1.3	1.6	1.6
Después del tratamiento	AVG	64.2	9.0	22.7	24.4	68.3
	SD	2.6	0.9	1.3	1.0	2.9
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	7.3	-5.7	4.4	-0.6	
	SD	1.6	2.6	1.0	1.1	

TA4 - Estel 1000		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	67.2	3.1	17.5	17.8	80.1
	SD	3.6	0.5	0.9	1.0	1.3
Después del tratamiento	AVG	66.4	5.0	21.5	22.1	76.8
	SD	2.4	0.5	0.7	0.7	1.0
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	4.5	-0.8	4.3	-1.1	
	SD	1.0	2.4	0.7	0.4	

TA5 - Nano estel		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	72.6	1.7	14.1	14.2	82.9
	SD	4.3	0.8	1.0	0.9	3.7
Después del tratamiento	AVG	69.8	2.3	16.7	16.9	82.2
	SD	1.6	0.6	0.6	0.7	1.8
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	3.9	-2.8	2.7	-0.2	
	SD	1.0	1.6	0.7	0.5	

TA6 - Nanorestore		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	66.3	2.5	15.6	15.8	80.9
	SD	3.7	1.0	1.5	1.6	3.1
Después del tratamiento	AVG	67.9	4.8	19.5	20.1	76.4
	SD	4.1	1.2	2.6	2.8	1.6
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	4.8	1.6	4.3	-1.4	
	SD	1.9	4.1	2.8	0.6	

PIT1 - Carbonatogénesis		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	57.3	11.4	17.8	21.2	57.6
	SD	1.7	2.6	1.0	2.2	4.3
Después del tratamiento	AVG	41.4	18.5	19.9	27.1	47.2
	SD	0.3	0.8	0.3	0.7	1.1
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	17.5	-15.9	6.0	-4.2	
	SD	0.4	0.3	0.7	0.5	

PIT2 - Carbon. + <i>impacco</i>		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	57.8	7.9	14.2	16.3	60.7
	SD	2.5	0.8	2.1	1.6	5.4
Después del tratamiento	AVG	47.2	12.4	17.6	21.5	54.8
	SD	3.6	0.7	0.5	0.5	1.8
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	12.0	-10.6	5.2	-2.1	
	SD	3.2	3.6	0.5	0.6	

PIT3 - Paraloid B72		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	57.7	8.8	14.4	16.9	58.5
	SD	1.0	1.0	1.0	1.1	3.0
Después del tratamiento	AVG	54.2	10.0	20.3	22.7	63.5
	SD	3.0	1.5	1.8	1.0	5.4
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	7.0	-3.6	5.7	1.8	
	SD	0.6	3.0	1.0	1.9	

PIT4 - Estel 1000		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	61.7	6.8	15.3	16.7	66.0
	SD	1.3	0.6	0.5	0.6	1.5
Después del tratamiento	AVG	51.3	10.8	16.9	20.1	57.3
	SD	2.1	1.5	1.3	1.1	4.6
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	11.3	-10.4	3.3	-2.7	
	SD	2.1	2.1	1.1	1.5	

PIT5 - Nano estel		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	60.4	10.9	18.9	21.8	60.2
	SD	0.8	0.2	0.3	0.4	0.5
Después del tratamiento	AVG	57.4	11.2	16.5	20.0	55.8
	SD	1.1	1.6	0.8	1.2	3.7
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	3.9	-3.0	-1.9	-1.6	
	SD	0.7	1.1	1.2	1.4	

PIT6 - Nanorestores		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	53.7	10.5	14.3	17.8	54.0
	SD	1.4	2.3	1.1	2.0	4.8
Después del tratamiento	AVG	50.6	14.2	16.3	21.6	49.0
	SD	0.3	2.5	1.9	3.0	2.5
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	5.2	-3.1	3.8	-1.7	
	SD	2.5	0.3	3.0	0.9	

MIR1 - Carbonatogénesis		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	74.5	2.6	20.4	20.5	82.7
	SD	1.6	0.3	0.8	0.8	0.6
Después del tratamiento	AVG	66.6	5.3	28.6	29.0	79.7
	SD	3.1	1.6	2.1	2.4	2.3
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	11.7	-7.9	8.5	-1.3	
	SD	3.8	3.1	2.4	1.0	

MIR2 - Carbon. + <i>impacco</i>		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	74.5	0.6	15.9	16.0	87.9
	SD	4.0	0.9	0.6	0.6	3.0
Después del tratamiento	AVG	69.6	2.8	22.8	23.0	82.9
	SD	3.6	0.9	1.3	1.4	1.8
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	8.7	-4.9	7.0	-1.7	
	SD	3.4	3.6	1.4	0.6	

MIR3 - Paraloid B72		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	68.7	2.8	20.6	20.7	82.2
	SD	2.5	0.2	0.7	0.7	0.3
Después del tratamiento	AVG	67.7	3.2	22.8	23.0	81.9
	SD	3.9	0.4	1.0	1.0	0.9
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	2.5	-1.0	2.3	-0.1	
	SD	2.4	3.9	1.0	0.3	

MIR4 - Estel 1000		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	83.6	0.5	18.4	18.4	88.6
	SD	2.0	0.8	1.6	1.6	2.2
Después del tratamiento	AVG	80.0	2.2	21.4	21.6	84.4
	SD	4.6	2.0	2.6	2.8	4.4
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	5.0	-3.6	3.1	-1.6	
	SD	5.4	4.6	2.8	1.7	

MIR5 - Nano estel		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	74.3	0.7	15.8	15.9	87.7
	SD	1.7	0.4	0.4	0.5	1.4
Después del tratamiento	AVG	72.1	1.3	17.1	17.2	85.5
	SD	1.7	0.6	0.8	0.8	1.7
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	2.7	-2.3	1.3	-0.6	
	SD	1.3	1.7	0.8	0.5	

MIR6 - Nanorestore		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	66.9	2.5	18.3	18.5	82.1
	SD	5.7	0.5	1.1	1.0	2.1
Después del tratamiento	AVG	70.9	1.2	16.8	16.8	86.1
	SD	0.3	0.9	2.1	2.1	2.4
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	4.5	4.0	-1.7	1.2	
	SD	0.4	0.3	2.1	0.7	

HRS1 - Carbonatogénesis		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	45.9	16.3	13.0	20.8	38.7
	SD	1.7	1.2	0.8	1.3	1.7
Después del tratamiento	AVG	36.0	16.9	14.4	22.2	40.6
	SD	0.2	0.4	0.3	0.4	0.5
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	10.0	-9.9	1.4	0.7	
	SD	0.3	0.2	0.5	0.2	

HRS2 - Carbon. + <i>impacco</i>		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	50.4	14.0	12.1	18.5	40.9
	SD	1.4	1.0	0.4	1.0	1.0
Después del tratamiento	AVG	37.4	17.5	16.1	23.8	42.5
	SD	1.0	0.8	0.6	0.5	2.1
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	14.0	-13.0	5.2	0.6	
	SD	0.9	1.0	0.5	0.8	

HRS2 - Carbon. + <i>impacco</i>		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	82.7	2.8	19.6	19.8	81.9
	SD	1.5	0.5	0.6	0.6	1.5
Después del tratamiento	AVG	70.9	7.1	31.6	32.4	77.3
	SD	1.3	0.7	0.5	0.6	1.1
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	17.5	-11.9	12.6	-2.0	
	SD	0.9	1.3	0.6	0.5	

HRS3 - Paraloid B72		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	49.9	13.9	11.8	18.2	40.5
	SD	3.1	2.0	0.6	1.9	3.0
Después del tratamiento	AVG	43.7	17.7	15.4	23.4	41.1
	SD	1.4	0.8	0.3	0.8	0.7
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	8.1	-6.1	5.3	0.3	
	SD	1.4	1.4	0.8	0.2	

HRS3 - Paraloid B72		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	83.0	3.1	19.6	19.9	81.0
	SD	2.8	1.9	0.6	1.0	5.0
Después del tratamiento	AVG	80.0	4.9	23.5	24.0	78.3
	SD	0.9	1.3	1.4	1.7	2.3
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	5.3	-3.0	4.2	-1.0	
	SD	2.0	0.9	1.7	0.9	

HRS4 - Estel 1000		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	51.5	13.4	11.9	17.9	41.6
	SD	2.4	0.8	0.5	0.4	2.8
Después del tratamiento	AVG	42.4	18.0	14.9	23.4	39.7
	SD	0.6	0.4	0.3	0.5	0.2
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	10.7	-9.1	5.5	-0.7	
	SD	0.5	0.6	0.5	0.1	

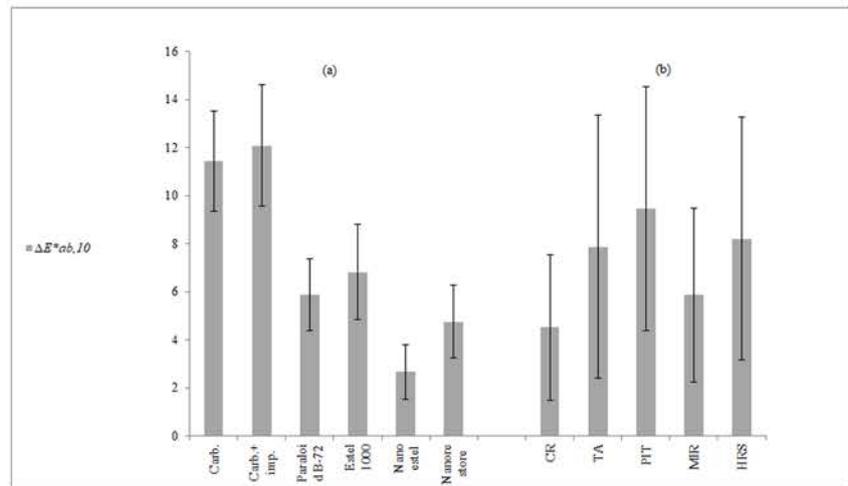
HRS4 - Estel 1000		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	75.7	4.8	19.5	20.1	76.1
	SD	7.6	1.9	0.8	0.6	5.5
Después del tratamiento	AVG	75.4	6.6	26.3	27.2	76.0
	SD	0.6	0.9	1.3	1.3	1.9
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	7.1	-0.3	7.1	-0.1	
	SD	1.3	0.6	1.3	0.8	

HRS5 - Nano estel		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	49.1	14.1	11.8	18.4	40.0
	SD	1.4	0.9	0.5	1.0	1.0
Después del tratamiento	AVG	47.3	14.9	11.8	19.0	38.5
	SD	1.0	0.8	0.6	0.9	0.8
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	2.1	-1.9	0.6	-0.5	
	SD	0.9	1.0	0.9	0.3	

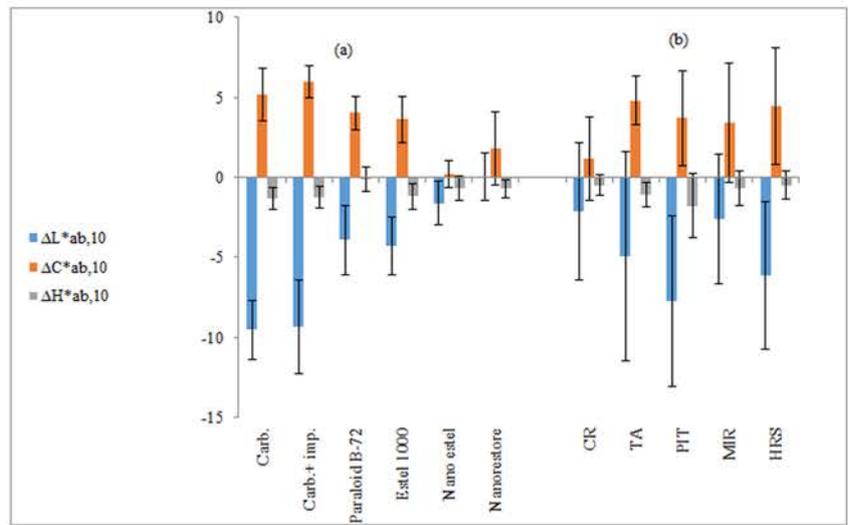
HRS5 - Nano estel		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	82.6	3.3	22.2	22.4	81.7
	SD	1.7	0.6	0.9	0.9	1.2
Después del tratamiento	AVG	81.6	3.8	22.4	22.7	80.2
	SD	1.5	1.1	0.6	0.4	3.0
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	1.1	-1.0	0.3	-0.5	
	SD	1.5	1.5	0.4	1.2	

HRS6 - Nanorestore		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
Antes del tratamiento	AVG	50.8	12.7	12.1	17.6	43.8
	SD	2.2	1.5	0.3	1.0	3.8
Después del tratamiento	AVG	45.5	15.9	12.9	20.5	39.0
	SD	1.6	0.9	0.4	0.9	1.0
		$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta H^*_{ab,10}$	
Diferencia	AVG	6.3	-5.4	2.9	-1.5	
	SD	1.6	1.6	0.9	0.4	

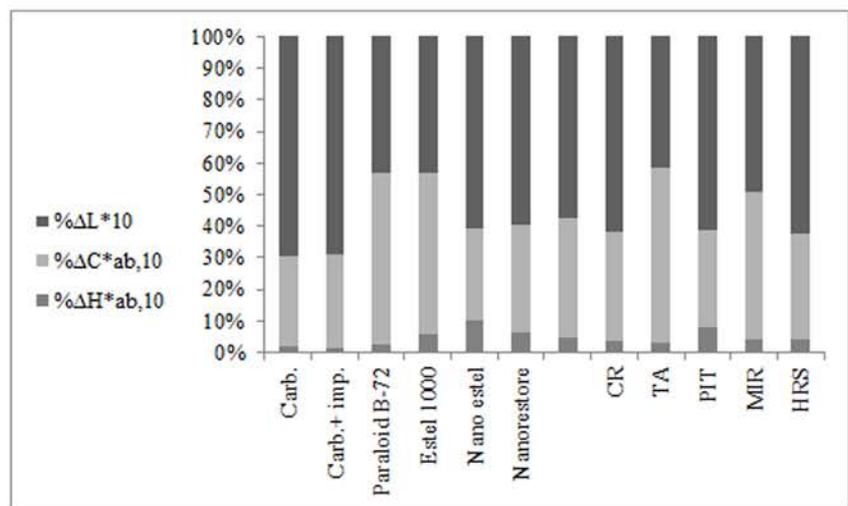
Valores promedio y desviación estándar (barras de error) de las diferencias de color CIELAB de las muestras antes y después de la aplicación de los tratamientos.

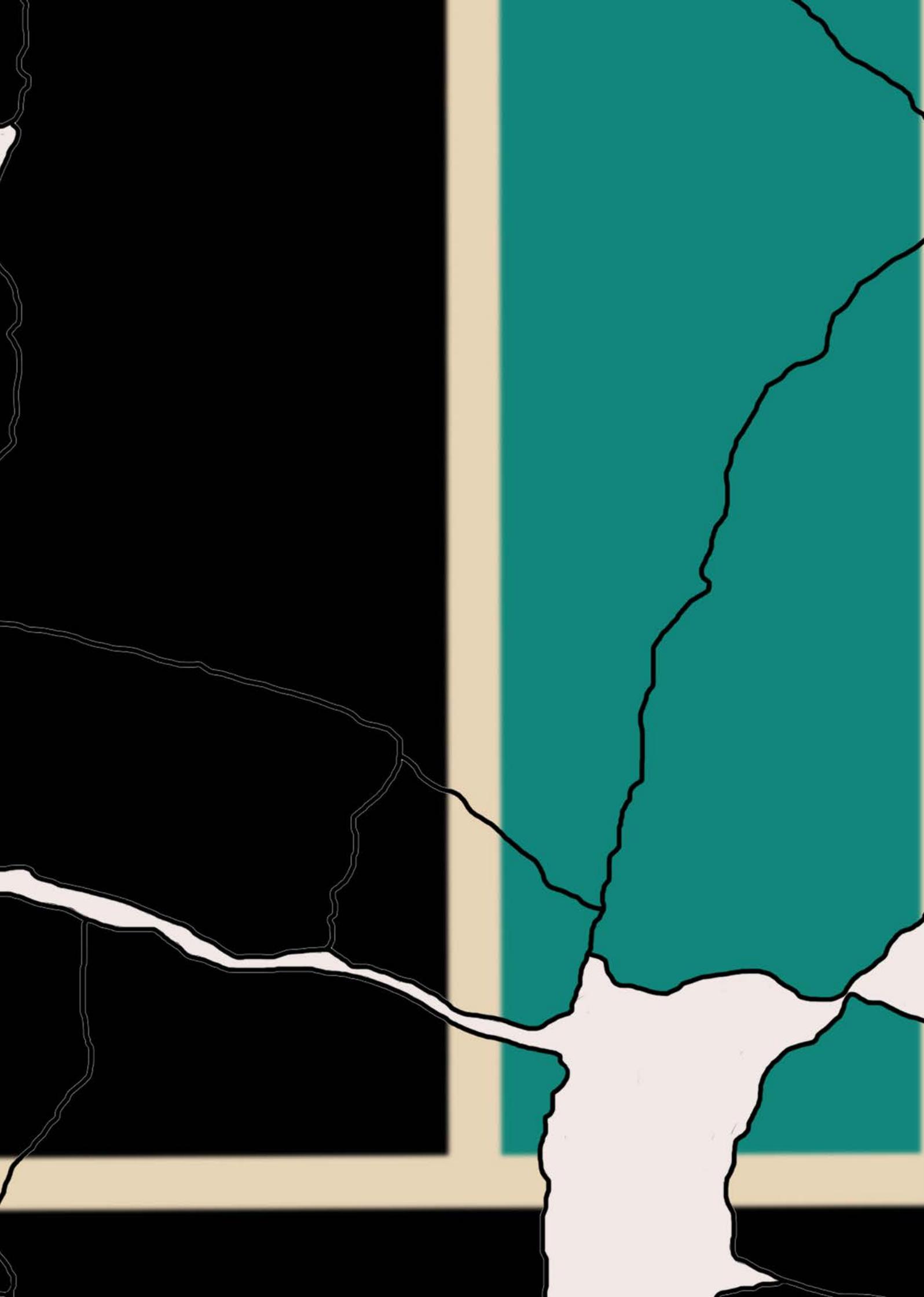


Valores promedio y desviación estándar (barras de error) de las diferencias de claridad, croma y tono CIELAB de las muestras antes y después de la aplicación de los tratamientos.



Porcentajes de contribución de las diferencias de claridad, croma y tono CIELAB a la diferencia de color total entre los fragmentos antes y después de la aplicación de los tratamientos.







ANEXO 5

FICHAS TÉCNICAS



Detalle de un calco digital realizado a la decoración de los filetes de encuadramiento y a los puntos de la decoración de los ángulos de los revestimientos de época romana de *Castulo*.



C.T.S. ESPAÑA
Productos y Equipos para la Restauración
C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
28906 Getafe - Madrid
Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

FICHA DE DATOS TÉCNICOS

PRODUCTO: **ACETONA**

REFERENCIA DS: **PQB-05/10/3**

FECHA REVISIÓN: **28/10/2005**

ESPECIFICACIONES:

Parámetro	Unidades	Valor	Método ERTISA	Correspondencia
Pureza	% peso	99.6 mín.	Cálculo	--
Color escala Pt/Co	° Hazen	10 máx.	4701	ASTM D-1209
Agua	% peso	0.3 máx.	4706	ASTM D-1364
Densidad a 15.5 °C	g/ml	0.797 ± 0.001	4702	ASTM D-1298
Residuos evaporación	mg/L	50 máx.	4711	ASTM D-1353
Acidez (como Ácido Acético)	ppm	20 máx.	4704	ASTM D-1613
Rango de Destilación	° C		4717	ASTM D-1078
- Punto Inicial		55.8 mín.		
- Punto Final		56.6 máx.		
Benceno	ppm	50 máx.	4714	GLC
Oxido de Mesitilo	ppm	50 máx.	4714	GLC
Cumeno	ppm	50 máx.	4714	GLC
Diacetona alcohol	ppm	250 máx.	4714	GLC
Apariencia		Líquido claro sin mat. susp.	Visual	



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración

C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe - Madrid

Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

FICHA DE DATOS TÉCNICOS

PRODUCTO: **ALCOHOL ISOPROPÍLICO
DESODORIZADO**

REFERENCIA DS: **PQB-06/2/9**

FECHA REVISION **08/02/2006**

ESPECIFICACIONES GLOBALES DE VENTA:

Propiedades	Unidades	Valores Mín.	Valores Máx.	Método Test (Último método, si no se especifica lo contrario)
Acidez, como ácido acético	% peso		0.001	ASTM D 1613
Color, Platino Cobalto	Escala Pt-Co		5 máx.	ASTM D 1209
Materia no volátil	g/100 ml		0.001	ASTM D 1353
Pureza por CG	% peso	99.8		DIN 55685
Peso Específico 20/20 ° C	-	0.7862	0.7870	ASTM D 4052
Contenido en agua	% peso		0.1	ASTM D 1364
Miscibilidad en agua	Visual	Claro y miscible		ASTM D 1722

Propiedades	Unidades	Rango Incluido	Rango Máx.	Método Test (Último método, si no se especifica lo contrario)
Rango de Destilación	° C	82.3	1.0	ASTM D 1078

Notas:

El producto cumple:

- ❖ ASTM Specification D 770-95.

* El valor puede ser determinado por ExxonMobil mediante procedimientos equivalentes a los métodos estándar de la industria. Los métodos de probado y muestreo aplicables están sujetos a cambios sin aviso y están disponibles si se solicitan para su revisión.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

(de acuerdo con el Reglamento (UE) 2015/830)



01104505-AMONIO BICARBONATO

Versión: 1

Fecha de revisión: 19/05/2017

Página 1 de 8

Fecha de impresión: 19/05/2017

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Y DE LA SOCIEDAD O LA EMPRESA.

1.1 Identificador del producto.

Nombre del producto:	AMONIO BICARBONATO
Código del producto:	01104505
Nombre químico:	hidrogenocarbonato de amonio
N. CAS:	1066-33-7
N. CE:	213-911-5
N. registro:	01-2119486970-26-XXXX

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia y usos desaconsejados.

Restauración conservativa

Usos desaconsejados:

Usos distintos a los aconsejados.

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad.

Empresa:	C.T.S. ESPAÑA Productos y Equipos para la restauración S.L.
Dirección:	C/ Monturiol, 9 (Pol. Ind. San Marcos)
Población:	Getafe
Provincia:	Madrid
Teléfono:	+34 91 601 16 40
Fax:	+34 91 601 03 33
E-mail:	cts.espana@ctseurope.com
Web:	www.ctseurope.com

1.4 Teléfono de emergencia: +34 91 601 16 40 (Sólo disponible en horario de oficina; Lunes-Viernes; 09:00-14:00)

SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.

2.1 Clasificación de la sustancia.

Según el Reglamento (EU) No 1272/2008:

Acute Tox. 4 : Nocivo en caso de ingestión.

2.2 Elementos de la etiqueta.

Etiquetado conforme al Reglamento (EU) No 1272/2008:

Pictogramas:



Palabra de advertencia:

Atención

Frases H:

H302 Nocivo en caso de ingestión.

Frases P:

P264 Lavarse las manos concienzudamente tras la manipulación.
P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.
P301+P312 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal.
P330 Enjuagarse la boca.
P501 Eliminar el contenido/el recipiente de acuerdo con la normativa sobre residuos peligrosos o envases y residuos de envases respectivamente.

-Continúa en la página siguiente.-

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

(de acuerdo con el Reglamento (UE) 2015/830)



01104505-AMONIO BICARBONATO

Versión: 1

Fecha de revisión: 19/05/2017

Página 2 de 8

Fecha de impresión: 19/05/2017

Contiene:

hidrogenocarbonato de amonio

2.3 Otros peligros.

En condiciones de uso normal y en su forma original, el producto no tiene ningún otro efecto negativo para la salud y el medio ambiente.

SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.

3.1 Sustancias.

Nombre químico:	hidrogenocarbonato de amonio
N. CAS:	1066-33-7
N. CE:	213-911-5
N. registro:	01-2119486970-26-XXXX

3.2 Mezclas.

No Aplicable.

SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS.

4.1 Descripción de los primeros auxilios.

En los casos de duda, o cuando persistan los síntomas de malestar, solicitar atención médica. No administrar nunca nada por vía oral a personas que se encuentren inconscientes.

Inhalación.

Situar al accidentado al aire libre, mantenerle caliente y en reposo, si la respiración es irregular o se detiene, practicar respiración artificial. No administrar nada por la boca. Si está inconsciente, ponerle en una posición adecuada y buscar ayuda médica.

Contacto con los ojos.

En caso de llevar lentes de contacto, quitarlas. Lavar abundantemente los ojos con agua limpia y fresca durante, por lo menos, 10 minutos, tirando hacia arriba de los párpados y buscar asistencia médica.

Contacto con la piel.

Quitar la ropa contaminada. Lavar la piel vigorosamente con agua y jabón o un limpiador de piel adecuado. **NUNCA** utilizar disolventes o diluyentes.

Ingestión.

Si accidentalmente se ha ingerido, buscar inmediatamente atención médica. Mantenerle en reposo. **NUNCA** provocar el vómito.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados.

Producto Nocivo, una exposición prolongada por inhalación puede causar efectos anestésicos y la necesidad de asistencia médica inmediata.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

En los casos de duda, o cuando persistan los síntomas de malestar, solicitar atención médica. No administrar nunca nada por vía oral a personas que se encuentren inconscientes.

SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.

El producto no presenta ningún riesgo particular en caso de incendio.

5.1 Medios de extinción.

Medios de extinción recomendados.

Polvo extintor o CO₂. En caso de incendios más graves también espuma resistente al alcohol y agua pulverizada. No usar para la extinción chorro directo de agua.

-Continúa en la página siguiente.-

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

(de acuerdo con el Reglamento (UE) 2015/830)



01150505-SODIO BICARBONATO

Versión: 1

Fecha de revisión: 19/05/2017

Página 1 de 7

Fecha de impresión: 19/05/2017

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Y DE LA SOCIEDAD O LA EMPRESA.

1.1 Identificador del producto.

Nombre del producto:	SODIO BICARBONATO
Código del producto:	01150505
Nombre químico:	Hidrogenocarbonato de sodio
N. CAS:	144-55-8
N. CE:	205-633-8
N. registro:	01-2119457606-32-XXXX

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia y usos desaconsejados.

Restauración conservativa

Usos desaconsejados:

Usos distintos a los aconsejados.

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad.

Empresa:	C.T.S. ESPAÑA Productos y Equipos para la restauración S.L.
Dirección:	C/ Monturiol, 9 (Pol. Ind. San Marcos)
Población:	Getafe
Provincia:	Madrid
Teléfono:	+34 91 601 16 40
Fax:	+34 91 601 03 33
E-mail:	cts.espana@ctseurope.com
Web:	www.ctseurope.com

1.4 Teléfono de emergencia: +34 91 601 16 40 (Sólo disponible en horario de oficina; Lunes-Viernes; 09:00-14:00)

SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.

2.1 Clasificación de la sustancia.

El producto no está clasificado como peligroso según el Reglamento (EU) No 1272/2008.

2.2 Elementos de la etiqueta.

Contiene:
Hidrogenocarbonato de sodio

2.3 Otros peligros.

En condiciones de uso normal y en su forma original, el producto no tiene ningún otro efecto negativo para la salud y el medio ambiente.

SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.

3.1 Sustancias.

Nombre químico:	Hidrogenocarbonato de sodio
N. CAS:	144-55-8
N. CE:	205-633-8
N. registro:	01-2119457606-32-XXXX

3.2 Mezclas.

No Aplicable.

SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS.

-Continúa en la página siguiente.-



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

AGENTES COMPLEJANTES

EDTA SAL BISÓDICA y TETRASÓDICA - HEXAMETAFOSFATO DE SODIO

SAL DE ROCHELLE – BENZOTRIAZOL

ÁCIDO CÍTRICO – AMONIO CITRATO TRIBÁSICO

Relación Técnica redactada por nuestro Resp. Técnico Científico Doc. Leonardo Borgioli



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

En las operaciones de limpieza de algunas obras puede ser necesario eliminar las sales metálicas presentes. Generalmente esto sucede en la limpieza de objetos metálicos, donde las sales son el precursor de la corrosión; la intervención también se puede complicar por la presencia simultánea del material a eliminar y de la pátina que debemos mantener (a menudo constituida también por una sal metálica).

El problema también afecta a otros bienes de interés histórico-artístico: desde la piedra hasta los frescos, desde tejidos a papel, siempre que hayan sido contaminados con la presencia de metales.

Una **sal metálica**, en lo que a nuestro caso se refiere, es el producto de la degradación de un metal, generalmente debido a la acción del agua y del aire, a veces acentuada por la presencia de contaminantes atmosféricos como los óxidos de azufre o de nitrógeno.

Un ejemplo trivial es el **óxido**, resultado del ataque combinado de agua y oxígeno en el hierro metálico.

La reacción química es simple: $2\text{Fe} + 3/2 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{H}_2\text{O})$.

El óxido es soluble en agua y tiende a diseminarse dentro de estructuras porosas (como la piedra natural), lo que hace que su eliminación sea problemática.

Lo mismo sucede con otras sales solubles, como las de cobre (el llamado cardenillo), que a menudo encontramos en las bases de las estatuas de **bronce** (aleación que contiene cobre).

Los productos de corrosión del bronce son muchos: desde cuprita roja (Cu_2O), a los verdes de la atacamita y paratacamita [oxicloruros $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$], a carbonatos básicos de malaquita (verde), azurita (azul) y muchos otros. Entre estos productos de corrosión, generalmente se desea mantener sólo la cuprita y ocasionalmente la malaquita.

A veces, además, está el problema de los lavados inadecuados de los objetos de cobre, como los canales con Amoniaco o Amonio Carbonato; esto lleva a la formación del complejo amino-cuproso, que provoca la decoloración del color azul y luego se oxida al aire adquiriendo un color verde.

Para la eliminación de estas sales metálicas podemos explotar la capacidad "secuestrante" de algunas sustancias definidas como **agentes complejantes**.

Algunas moléculas (llamadas aglutinantes) contienen un átomo electronegativo (donante), que se caracteriza por un par electrónico. Este par, en presencia de un átomo electropositivo (por ejemplo un metal o un catión metálico), es "donado" para formar un enlace llamado *enlace de coordinación*.

Los compuestos que se forman se llaman más concretamente **compuestos de coordinación**, pero dada su complejidad se llamaron en un inicio compuestos complejos, y se ha mantenido el uso común del término **complejantes** para nombrar a estas moléculas ligantes.

Un ejemplo de estos compuestos de coordinación es el ferrocianuro férrico, más conocido como **Azul de Prusia**, que es un complejo donde dos átomos de hierro están coordinador por seis iones de cianuro (que en este caso es el **complejante**).

Muchas moléculas pueden actuar como **complejantes** (ligantes): del amoniaco el agua, da la piridina el monóxido de carbono. Todos contienen un átomo electronegativo capaz de proporcionar un par electrónico.

Cuando dos o más átomos donantes están presentes en una molécula, actúan sobre el metal como la pinza de un cangrejo, y el enlace resultante es más estable; a estos **complejantes** se le llama **quelantes**.

Operativamente los agentes **quelantes** se disuelven en disoluciones acuosas y se aplican sobre obras con paquetes de extracción (con la ayuda de Pulpa de Papel Arbocel, Sepiolita o Nevek), o sumergiendo el objeto en la misma solución. Una vez que se ha eliminado la compresa o el objeto se ha extraído de la solución, se debe realizar un lavado para eliminar el exceso de reactivo.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

Debe tener presente que el agua de la red contiene, en mayor o menor medida, cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} que se unen a los agentes **complejantes**, reduciendo su acción. En la preparación de soluciones **complejantes** solo debe usarse Agua Desmineralizada.

Finalmente, tenga en cuenta que todos los **complejantes** se unen, más o menos vigorosamente, con los cationes metálicos. Muchos **pigmentos** pueden ser atacados por estos reactivos, por lo que deben usarse con extrema precaución en el caso de policromías.

C.T.S. S.r.l. comercializa algunos agentes **complejantes** que se pueden usar para resolver el problema de la eliminación química de las sales:

- EDTA Sal Bisódica o Tetrasódica
- Hexametáfosfato de sodio
- Sal de Rochelle (o de Seignette)
- Benzotriazol (utilizado como inhibidor al final de la limpieza de metales)
- Ácido Cítrico – Amonio Citrato Tribásico

EDTA

La sal bisódica del ácido etilendiaminotetraacético (**EDTA sal bisódica**) es el agente **complejante** más conocido y utilizado, y también el más eficaz. Es uno de los componentes de la formulación **AB 57** desarrollada por el I.C.R. de Roma para la eliminación de las costras negras.

Menos utilizada es la sal tetrasódica (**EDTA sal tetrasódica**), y menos soluble en agua; sin embargo, el mecanismo de formación de complejos es el habitual, con la diferencia que cada molécula de **EDTA sal tetrasódica** se une a dos cationes metálicos.

La toxicidad del tetrasódico es también ligeramente más alta que la del bisódico.

En su uso se debe tener en cuenta algunos puntos importantes:

- 1) El **EDTA** se une muy bien con el hierro y el cobre, pero también tiene una buena reacción con el calcio. Por lo tanto, una vez "secuestrados" los cationes $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ e Cu^{2+} presentes, comienza a atacar al calcio que constituye el aglutinante del elemento de piedra o del fresco sobre el que estamos trabajando. Empieza así una corrosión similar a un ataque ácido. Esto nos obliga a trabajar poniendo gran atención a los tiempos de contacto.
- 2) Por todo lo dicho con anterioridad, el **EDTA** se utiliza ampliamente para la eliminación de incrustaciones y pátinas que contienen iones de calcio, sean encalados (por lo tanto CaCO_3 , Carbonato Cálcico), pátinas de yeso o sulfatos (Sulfato de Calcio), Oxalatos, Caseinato de Calcio.
- 3) El **EDTA sal bisódica** tiene un pH 4.5, mientras que la tetrasódica tiene un pH 11.3. Estos valores siempre deben evaluarse en relación con el soporte sobre el que se va a trabajar. A pH 4.5 también hay una acción de ataque sobre el carbonato, por lo que el EDTA sal bisódica es extremadamente agresivo. Dado que el pH óptimo de formación de complejos del calcio es de 10, incluso el **EDTA sal tetrasódica** puede atacar al carbonato de calcio. En el caso de la eliminación de oxalatos es preferible usar el **EDTA sal tetrasódica**.
- 4) El problema del ataque sobre la obra original no se observa en el caso de las de bronce; una solución de **EDTA no ataca de manera significativa la superficie**, ya sea después de algunas horas de inmersión o con elevadas concentraciones. En cambio, todos los diferentes productos de la corrosión del bronce son eliminados eficazmente, desde el carbonato básico verde o azul (malaquita o azurita), a los



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

cloruros básicos blancos o verdes que se encuentran en las obras próximas al mar (nantokita, atacamita o paratacamita). El raro sulfuro de cobre negro es una excepción.

- 5) Las concentraciones para su utilización pueden variar sensiblemente, desde el 2-3% hasta el 15% en el caso de la eliminación de costras particularmente gruesas y resistentes, teniendo siempre presente todo lo dicho en el punto 1).

HEXAMETAFOSFATO DE SODIO

El **Hexametáfosfato de sodio** (NaPO_3)₆ es un **complejante** más débil que el EDTA, característica que lo hace preferible en el caso de aplicaciones sobre mármoles sulfatados. De hecho, en este caso, la estructura del Carbonato Cálcico del mármol es atacada por el **Hexametáfosfato de sodio** con mucha lentitud.

El pH es de 6.7, por lo tanto **neutro**, otro motivo para preferirlo en presencia de mármoles o calcitas. Las concentraciones de uso varían del 5 al 15%.

SAL DE ROCHELLE

La **Sal de Rochelle**, llamada también sal de **Seignette**, (**doble tartrato de sodio e potasio**) es un **complejante** conocido desde la Edad Media, y en algunos textos antiguos se llamaba "*cremor di tartaro*" (se acumulaba sobre las paredes de los barriles, como precipitado del mosto). Más débil que el EDTA, permite un mayor control en las limpiezas de los bronce, dado que compleja carbonatos y cloruros, pero tiene una acción muy débil sobre la cuprita roja, que se conserva así.

Debido a su acción suave, es necesario preparar una solución acuosa al 35%, y luego aplicar compresas por tiempos variables entre 15 minutos hasta varias horas, según el grosor de las incrustaciones a eliminar y del efecto que se quiera obtener.

La acción de la **Sal de Rochelle** puede potenciarse sin incrementar la concentración sino elevando el pH, con ayuda de Hidróxido Sódico (soluciones del 15-35% de **Sal de Rochelle** y del 5-10% de Hidróxido Sódico en Agua Desmineralizada).

Es posible también el uso por inmersión de los objetos.

BENZOTRIAZOL

El **Benzotriazol**, más que un **complejante** para la limpieza, tiene la función de inhibir la corrosión del cobre y de sus aleaciones, una vez que se ha llevado a cabo la restauración.

En particular puede resultar útil para bloquear la "**corrosión cíclica**" del cobre, esto es, el proceso que se basa en la presencia de cloruro cuproso (Cu_2Cl_2), y que prosigue hasta la completa transformación del cobre en cloruro e hidroxiclورو. El **Benzotriazol**, uniéndose al catión Cu^+ del cloruro, lo elimina de la reacción cíclica bloqueándola.

Se presenta como un polvo amarillento que funde a 93°C, que tiende a sublimar: es por eso que está recubierto de una fina capa de acrílico (ver también el producto Inrcal 44, mezcla de Paraloid B44 y de **Benzotriazol** en disolventes orgánicos).

Debido a que no es muy soluble en agua fría (1,5%), se prefiere aplicarlo con soluciones de disolventes (alcohol etílico, acetona, acetatos,...) normalmente al 3%.

Su pH es ligeramente ácido (5.5 en soluciones al 1%).



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

ÁCIDO CÍTRICO – AMONIO CITRATO TRIBÁSICO

El **Ácido Cítrico** es un ácido tricarboxílico, que disuelto en agua tiene un pH 2.5. Está contenido en el zumo de limón del orden del 6%. Es soluble también en alcoholes y Acetato de Etilo. Por sí solo el **Ácido Cítrico** no tiene un elevado poder **complejante**, pero con la ayuda de bases se obtienen ciertas sales (citratos), que son utilizadas por su mejor eficacia. Precisamente para la eliminación de las sales de hierro de piedras de carbonato, se utiliza una solución acuosa de su sal **Amonio Citrato Tribásico**, que tiene un pH ligeramente alcalino, entre 7 y 8.

Junto con el Citrato de Sodio, el Amonio Citrato está contenido en la **Saliva Sintética CTS**.

El **Ácido Cítrico** y el **Amonio Citrato** se utilizan para la limpieza de obras policromadas, en particular para la eliminación de repintados o de materiales proteicos. En estas aplicaciones, a veces existe la acción del quelante con la de un tensioactivo de pH neutro como puede ser el *Tween 20*. Estas mezclas pueden espesarse con *Klucel G* o *Carbopol*, o también agregarse al gel **Nevek**.

La información contenida en esta ficha técnica se basa en nuestro conocimiento y pruebas de laboratorio en la fecha de la última versión. El usuario debe comprobar la idoneidad del producto para cada uso específico de las pruebas preliminares, y deben respetar las leyes y reglamentos vigentes en materia de salud y seguridad.

C.T.S. España S.L garantiza una calidad constante del producto, pero no se hace responsable de los daños causados por un uso incorrecto del material, ya que está diseñado para uso profesional. Además, pueden cambiar en cualquier momento los componentes y confecciones sin obligación a notificarlo.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.
C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
28906 GETAFE (Madrid)
Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33
www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

ESTEL 1000

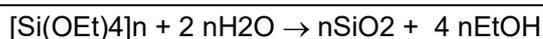
PRODUCTO **CONSOLIDANTE** PARA PIEDRAS NATURALES
INDICADO PARA LA RESTAURACIÓN DE LAPIDEOS DE NATURALEZA SILICATICA Y
CARBONATICA, DE LADRILLOS, DE TERRACOTA E INTONACOS.

CARACTERÍSTICAS

El producto consolidante **ESTEL 1000** está compuesto de Esteres Etilicos del ácido Silícico disueltos en Ras Mineral para un óptimo grado de absorción hasta el núcleo sano de la piedra.

Los **Esteres Etilicos del ácido Silícico** $[Si(OEt)_4]_n$ reaccionan con la humedad atmosférica y se transforman en **gel de Sílice** y alcohol etílico.

La reacción de policondensación puede ser esquematizada en el siguiente modo:



El **gel de Sílice** gracias a la fuerte unión química que se establece con el soporte otorga a la superficie tratada **nuevas propiedades mecánicas**.

Estudios efectuados en colaboración con el **Departamento de Ingeniería de los Materiales de la universidad de los Estudios de Trento**, han permitido verificar que el producto consolidante **ESTEL 1000** responde a los siguientes requisitos:

- no provoca la formación de subproductos secundarios dañinos;
- es uniformemente absorbido por la piedra y alcanza todo el material alterado, uniéndolo a la parte sana más interna;
- deja el material tratado permeable al vapor de agua;
- deja inalterado el aspecto exterior de la piedra evitando formaciones de manchas o películas brillantes y amarilleo bajo la acción de las radiaciones UV.

EMPLEO

El producto consolidante **ESTEL 1000** está listo para su uso, de fácil y seguro empleo, apto a la aplicación sobre cada tipo de soporte mineral absorbente.

La superficie a tratar debe **estar seca, limpia** curada de eventuales sales eflorescentes presentes y la temperatura atmosférica debe estar comprendida entre 10°C y 25°C. La superficie a tratar no debe estar expuesta a la radiación directa del sol. Después del tratamiento, la superficie no se debe exponer a la lluvia, por lo menos 1 semana

El producto consolidante **ESTEL 1000** puede ser aplicado por inmersión, mediante brochas de cerda o también rociada con pulverizadores de baja presión (0,5 bares max.)



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.
C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
28906 GETAFE (Madrid)
Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33
www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

En función de los tipos de material a tratar se debe considerar la conveniencia de una aplicación hasta el desecho del producto consolidante, o una impregnación parcial, pero el tratamiento siempre debe ser llevado a cabo con el fin de alcanzar el núcleo sano.

El producto consolidante **ESTEL 1000** completa su reacción después de aproximadamente **cuatro semanas** con temperatura ambiente de 20°C y humedad relativa del 40-50%.

ADVERTENCIAS

A causa de la heterogeneidad de los materiales existentes, a pesar de una experiencia casi veintañal desarrollada sobre el empleo de ésteres etílicos del ácido silícico sobre varios tipos de piedra, es indispensable ejecutar tests preliminares sobre muestras del material que se quiere tratar para poder verificar:

- el grado del efecto reforzante que se consigue
- la cantidad de material a emplear (generalmente comprendida entre 0,5-3,0 l/m²)
- la ausencia de variaciones cromáticas sobre el material lapídeo tratado

El producto reacciona con la humedad atmosférica; es por lo tanto indispensable cerrar herméticamente los recipientes después del uso.

En el caso de dosificación excesiva de material es posible eliminar el exceso, antes del endurecimiento, con compresas empapadas en solventes orgánicos minerales (White Spirit, ras mineral, etc..).

DATOS FÍSICOS

Principios activos	Tetra-etil-orto-silicato
Contenido principios activos (%)	75
Solvente	White Spirit D40
Viscosidad (cp 25°C)	10
Densidad (Kg/l)	0,98 aprox (a 20° C)
* Residuo seco (%)	mínimo 35

(*) Determinación efectuada según normativa BRITISH BOARD OF AGREEMENT ESTÁNDAR (BBA)

CONFECCIONES

Estel 1000 disponible en confecciones de 1 - 5 - 25 litros.

ALMACENAJE

6 Meses en recipientes originales herméticamente cerrados y protegidos de la humedad.

(1) El C.T.S. España S.L. puede proporcionar a los Organismos Públicos que estén interesados una copia completa de la relación técnica del producto consolidante ESTEL 1000.

Las indicaciones y los datos indicados en el presente folleto se basan en nuestra experiencia actual, sobre pruebas de laboratorio y su correcta aplicación. Estas informaciones no deben en ningún caso sustituirse a las pruebas preliminares que es indispensable efectuar para cerciorarse de la idoneidad del producto a cada caso determinado.

C.T.S. España garantiza la calidad constante del producto pero no responde de eventuales daños causados por un empleo no correcto del material. Además, puede variar en cualquier momento los componentes y las confecciones sin obligación de comunicación alguno.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

PARALOID B-72

PRODUCTO PARA LA CONSOLIDACIÓN DE MADERA Y PIEDRA

INTRODUCCIÓN

El **PARALOID B-72**, es una resina acrílica (metilacrilato-etilmetacrilato) sólida, suministrada en pequeñas bolas que, oportunamente disuelta en apropiados disolventes puede ser empleada como consolidante además que para usos tradicionales como adhesivo o fijativo.

La solubilidad del PARALOID B-72 es posible con varios tipos de disolventes:

- Cetonas (acetona, metiletilcetona)
- Esteres y éteres (etilo acetato, butil acetato y cellosolve acetato, dowanol PM, etc)
- Hidrocarburos aromáticos (tolueno, xileno, y mezclas como el disolvente nitro)
- Hidrocarburos clorurados (cloruro de metileno, cloretene)

Es insoluble en agua y muy poco en alcohol etílico e hidrocarburos alifáticos.

Los disolventes aconsejados, por su baja toxicidad, son acetona (que es muy volátil), butil acetato, en caso de que se requiera un bajo nivel aromático se aconseja dowanol PM.

PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La solución se prepara normalmente con una concentración entre el 2% al 10% de PARALOID B-72 en disolvente (2/10 de PARALOID B-72 y 98/90 de disolvente) por medio de un agitador mecánico. El disolvente se pone primero en el recipiente y mientras se agita este se va echando la resina hasta obtener una perfecta disolución. Un ligero aumento de la temperatura (hasta 50/60°, compatible con el punto de ebullición del disolvente), favorece la solubilización.

APLICACIÓN

La aplicación de la solución de PARALOID B-72 sobre los objetos a consolidar puede hacerse con los sistemas normales usados para el barniz como aerógrafos o pinceles.

Los mejores resultados se obtienen por inmersión lenta del objeto a consolidar en la solución. De ese modo el consolidante es absorbido por capilaridad del soporte poroso penetrando también en las partes más internas, consolidando el objeto de manera completa y uniforme.

Para eliminar resina en superficie se aconseja siempre dar disolvente puro después de la aplicación, antes del secado. Esto reducirá el riesgo de formación de película y de efecto brillante.

FINALIDAD DEL TRATAMIENTO

El tratamiento de consolidación así como se explica obtiene diversas funciones, las más importantes son:

- reducción del número de micro porosidad (diámetro inferior a 0,1 mm) y reducción del volumen de la porosidad más grande (diámetro superior a 10 mm). convirtiendo al objeto más compacto y menos frágil.
- evita la transformación del carbonato de calcio (duro y compacto) a sulfato de calcio (frágil y polvoriento), por acción del anhídrido sulfuroso presente en el aire.
- reduce la absorción de agua sea en superficie que en profundidad por quedar inalterable, en termino de color, opacidad, el aspecto del objeto tratado.

NOTA: PARALOID B-72 confiere hidrorrepelencia sólo temporalmente, siendo oportuno continuar después de la consolidación con un tratamiento de siloxanos (SILO 111) o utilizar una resina acril-silicónica (ACRISIL 201 O.N.).

La información contenida en esta ficha técnica se basa en nuestro conocimiento y pruebas de laboratorio en la fecha de la última versión. El usuario debe comprobar la idoneidad del producto para cada uso específico de las pruebas preliminares, y deben respetar las leyes y reglamentos vigentes en materia de salud y seguridad. C.T.S. España garantiza la calidad constante del producto pero no responde de eventuales daños causados por un empleo no correcto del material. Este producto está destinado exclusivamente para uso profesional. Además, pueden cambiar en cualquier momento de los componentes y los envases sin la obligación de comunicación alguna



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración

C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe - Madrid

Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

GELLANO KELCOGEL

El Gellano Kelcogel es un hidrocoloidal natural con propiedades espesantes constituido por un polisacárido complejo.

La base del Gellano Kelcogel son: beta-D-glucosio, L-ramnosio e D-acido glucurónico.

La principal característica del Gellano Kelcogel es la de hacer un gel termoreversible, análogamente al Agar, pero con un mayor grado de transparencia, que permite una mejor visión de los fenómenos en curso en la zona de contacto del gel. Aplicando calor la cadena pasa a una estructura de "madeja casual", y se forma una solución fluida, que puede ser vertida para formar, después del enfriamiento, "hojas" de algunos milímetros de espesor. Con este enfriamiento las cadenas se ordenan, disponiéndose en hélice y formando así los tubos en los cuales la molécula de agua es fuertemente sostenida, la parte terminal de estos tubos permanecen desordenada. Estos terminales se ligan a los terminales de las cadenas cercanas, formando la estructura responsable del característico gel rígido, y en cuyo interior la molécula de agua puede moverse.

El proceso de gelificación puede invertirse indefinidamente calentando o enfriando, es por esto que se llama gel termoreversible.

Estos geles son objetos de estudio para la limpieza de obras de papel [1,2,3].

CARACTERÍSTICAS QUÍMICO FÍSICAS DEL GELLANO KELCOGEL

Aspecto	De blanco a pardo claro
Transmisión	>76%

Preparación y aplicación

El polvo de Gellano Kelcogel se añade a la solución acuosa a espesar, en porcentaje variable entre el 1 y el 5 % (a determinar en base al efecto que se necesite), y se lleva a una temperatura comprendida entre 75 y 100°C (usando microondas, baño maría, o también por calentamiento directo), por un tiempo comprendido entre 6 y 30 minutos.

Dejándolo enfriar se obtiene el gel que puede hacerse nuevamente líquido mediante calor.

El gel rígido de Gellano Kelcogel puede aplicarse directamente sobre la superficie, absorbiendo la suciedad contenida por las fibras del papel, con el efecto secundario de humidificar sin liberación de agua.

Seguridad

El Gellano Kelcogel es un aditivo alimentario (E418), libre de bacterias patógenas y metales pesados (<20 ppm), y por lo tanto, no presenta ningún riesgo si se ingiere.

Confección

Gellano Kelcogel está disponible en **confecciones de 250 gr.**

Publicaciones de referencia

1. Iannuccelli S., Sotgiu S., Missori M.; "La china di Papa Clemente VIII del 1598: pulitura del supporto cartaceo, tecniche di lavaggio e diagnosi ottica dei risultati", Atti del II Congresso Nazionale "Lo stato dell'arte", Torino (2004).
2. Iannuccelli S., Sotgiu S.; "La pulitura superficiale di opere grafiche a stampa con gel rigidi", Progetto Restauro 14 (2009), 15.
3. Iannuccelli S., Sotgiu S.; "L'impiego di gel rigidi polisaccaridici per il trattamento di pulitura di opere grafiche a stampa", Atti del VII Congresso Nazionale "Lo stato dell'arte", Napoli (2009).

La información contenida en esta ficha está basada en nuestros conocimientos y pruebas de laboratorio en la fecha de la última versión. El usuario debe verificar la idoneidad del producto en relación con cada uso específico de las pruebas preliminares, y está obligado a cumplir con las leyes y los reglamentos sobre higiene y seguridad.

C.T.S. garantiza la calidad constante del producto, pero no se hace responsable de los daños causados por un uso incorrecto del material. Producto diseñado exclusivamente para **uso profesional**. Además, se pueden cambiar en cualquier momento los componentes y los envases sin ningún tipo de comunicación alguna.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

N A N O E S T E L

PRODUCTO CONSOLIDANTE Y FIJATIVO PARA PIEDRAS NATURALES, LADRILLO,
TERRA COTA, MORTEROS E INTONACOS.

CARACTERISTICAS

NANO ESTEL es una dispersión acuosa coloidal de sílice con dimensiones nano métricas, en torno a 10-20 nm.

Estas dimensiones son inferiores a las de las micro emulsiones acrílicas (40-50 nm), y a las de la nano cal (200 nm).

Se presenta como un líquido muy fluido, también con un residuo seco del 30%, y siendo estabilizado con NaOH (<0,5%) presenta un pH alcalino (pH = 9,8-10,4).

Después de la evaporación del agua las partículas se ligan entre si formando el gel de sílice, similar a lo que ocurre con el silicato de etilo y consiguiéndose así el efecto consolidante.

VENTAJAS

Respecto al silicato de etilo **ESTEL 1000**, la dispersión de sílice puede aplicarse en ambientes húmedos, y presenta un tiempo de toma reducido (3 - 4 días).

Siendo una dispersión acuosa **NANO ESTEL** no es inflamable y no presenta símbolos de toxicidad, con la consiguiente reducción de los factores de riesgo en laboratorio y en obra, y reduciendo los costes de transporte y almacenamiento.

A diferencia de los silicatos alcalinos no provoca la formación de subproductos secundarios dañinos (con los silicatos de sodio y potasio se forman respectivamente soda y potasa, que carbonatan con el aire formando sales solubles).

Dada la naturaleza del gel de sílice la reducción de permeabilidad al vapor de agua es mínima.

La acción consolidante debido a la formación del sílice permite el empleo de **NANO ESTEL** también como ligante de inertes para realización de morteros, para pequeños estucados, o con pigmentos, obteniendo una superficie opaca y químicamente estable.

LIMITES

La capacidad de penetración es reducida respecto al silicato de etilo, el nivel del poder de consolidación es todavía objeto de estudio. También la resistencia en el tiempo de los morteros obtenidos está por valorar.

EMPLEO

NANO ESTEL es un producto concentrado, con un 30% de residuo seco, a diluir con 1-2 partes de agua desmineralizada, llevando así el porcentaje de materia activa al 10-15%. Se aconseja efectuar test de prueba para determinar el rapor exacto de dilución, que en algunos casos puede ser distinto de lo indicado, en base al soporte y al efecto que se quiere obtener.

La superficie a tratar debe estar limpia y saneada de eventuales sales eflorescentes presentes.

La temperatura atmosférica y de la superficie a tratar debe estar comprendida entre 5°C y 35°C.

Por debajo de 5° C la reacción no se produce.

El producto puede aplicarse también en presencia de elevados valores de humedad, o también sobre superficies húmedas (aunque esto hace dificultosa la penetración)



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.
C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
28906 GETAFE (Madrid)
Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33
www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

NANO ESTEL puede aplicarse por inmersión, pincel o pulverizado a baja presión y finalmente inyectado mediante jeringas en fisuras.

Su reacción se completa después de aproximadamente **tres - cuatro días** con temperatura ambiente de 20°C. aproximadamente.

Para acelerar la toma se aplica antes alcohol etílico Mostanol, después **NANO ESTEL** diluido en agua desmineralizada.

Debido a la heterogeneidad de los materiales existentes, es indispensable realizar test preliminares sobre una muestra del material que se quiera tratar con el fin de verificar:

- el grado del efecto consolidante que se obtiene;
- la cantidad de material a utilizar;
- la ausencia de variaciones cromáticas sobre el material pétreo tratado.

ADVERTENCIAS

La gelificación de **NANO ESTEL** se puede obtener con los siguientes sistemas:

- Haciendo evaporar el agua (método normal)
- Cambiando el pH (por ejemplo mezclado con cal se cemento de repente)
- Mezclando con disolventes hidrosolubles (alcohol, acetona)
- Añadiendo una sal (método desaconsejado para el sector restauración)

Es entonces necesario valorar la influencia de estos parámetros antes de procedes a la aplicación.

En el caso de sobre dosificación es posible retirar el exceso, antes del endurecimiento, con papetas empapadas en agua desmineralizada.

Dado el pH alcalino el efecto sobre algunos tipos de película pictórica puede ser negativo: verificar con cuidado antes de la aplicación.

DATOS FISICOS

Principios activos	Bióxido de silicio de dimensiones nano metricas
Contenido de principio activo (%)	30
Viscosidad dinámica (mPas a 20°C)	6-8
Densidad (g/cm ³ a 20°C)	1,1-1,3
Tensión de vapor (hPa a 25°C)	32
Dimensiones de las partículas (nm)	<20
Superficie específica (m ² /g)	260
pH	9,5-10,4

CONFECCIONES

NANO ESTEL está disponible en envases de 1 - 5 - 25 kg.

ALMACENAJE

12 meses en recipientes originales herméticamente cerrados. Conservar entre 5° C y 40 °C

La información contenida en esta ficha técnica se basa en nuestro conocimiento y pruebas de laboratorio en la fecha de la última versión. El usuario debe comprobar la idoneidad del producto para cada uso específico de las pruebas preliminares, y deben respetar las leyes y reglamentos vigentes en materia de higiene y seguridad. C.T.S. España S.L garantiza una calidad constante del producto, pero no se hace responsable de los daños causados por un uso incorrecto del material. Este producto está destinado exclusivamente para uso profesional. Además, pueden cambiar en cualquier momento de los componentes y los envases sin ningún tipo de comunicación.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.
C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
28906 GETAFE (Madrid)
Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33
www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

A continuación les reportamos algunas referencias recogidas sobre la línea “NANO ESTEL”

Nombre del monumento/obra	Localidad – Provincia (País)
Calcestruzzo dell'acquedotto romano	Sesto Fiorentino (I)
Cimborrio della Cattedrale di Barcellona	Barcelona (E)
Capilla de los Sastres – Cattedrale di Terragona	Terragona (E)
Portale in arenaria Galleria Ricci Oddi	Piacenza (I)
Ritocco pittorico sull'orologio del Campanile di Lavis	Lavis – Trento (I)
Concotti in terracotta provenienti dal sito palafitticolo di Lucone di Polpenazze	Lucone – Brescia (I)

Los estudios científicos realizados por la Universidad

Università di Parma

Licchelli M., Weththimuni M., Zanchi C.; “Nanoparticles For the consolidation of Lecce Stone”, Atti del XXIV Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, Lecce, 11-16 settembre 2011.

Università degli Studi di Napoli

Angelici E., Grassini S., Fulginiti D., Parvis M., Segimiro A.; “Compatibilità and efficiency of restoration products for artefacts in neapolitan yellow tuff” Scienza e Beni Culturali XXIX, Bressanone, 2013.

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

G. Borsoi, R. Veiga, A. Santos Silva; “Effect of nanostructured lime-based and silica-based products on the consolidation of historical renders”, 3rd Historic Mortars Conference 11-14 September 2013, Glasgow, Scotland



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

NANORESTORE®

Dispersiones de nanocal en alcohol isopropílico desnaturalizado
Patente Italiana Consorcio CSGI-Universidad de los Estudios de Florencia
n° FI/96/A/000255, 31/10/1996

CARACTERÍSTICAS

Dada la naturaleza absolutamente innovadora del producto, el Consorcio CSGI, inventor de la formulación, ofrece consultoría técnica con fines científicos para individualar las mejores condiciones aplicativas (para información contactar con el personal CSGI en la siguiente dirección: direttore@csgi.unifi.it).

Nanorestore® se presenta como el consolidante compatible por excelencia para frescos y piedras de matriz carbonática, estando constituidas por partículas de cal apagada con dimensiones en el dominio de los materiales nanoestructuradas dispersas en alcohol isopropílico.

El alcohol garantiza una óptima penetración en los materiales porosos (gracias a su baja tensión superficial) por succión capilar; y penetrando en la matriz porosa transporta detrás de sí las partículas nano-estructuradas que se insertan en los intersticios y en las porosidades a consolidar inmediatamente por debajo de la superficie.

Una vez transformados en carbonato de calcio por acción del anhídrido carbónico atmosférico, originan una red de micro-cristales de calcita que confieren a la obra nuevas y elevadas propiedades mecánicas sin introducir materiales extraños a la naturaleza química original de la obra. Los espesores de consolidación son estrechamente superficiales, del orden de algunos centenares de micron.

El producto Nanorestore® se presta óptimamente a la aplicación como pre-consolidante de superficies antes de cualquier operación preliminar de limpieza.

CARACTERÍSTICAS QUIMICO -FISICAS

aspecto:	liquido blanco opaco
Viscosidad a 25° C:	2.75 cP
residuo seco:	0,5 %
peso especifico:	ca. 0,8 g/cm ³

MODALIDAD DE APLICACIÓN

Antes de usar agitar vigorosamente el recipiente durante al menos 2 minutos. La dispersión, para uso en frescos, puede ser diluida en el caso de que se evidencien, después de test aplicativos, efectos de veladura blanca que puede, de todas formas, ser fácilmente eliminada con simples compresas de agua.

En el caso de pétreos de matriz carbonática puede no ser necesaria la disolución. La relación de disolución se decide en relación a la capacidad absorbente de la superficie a tratar y del nivel de porosidad de la obra. Se sugieren las siguientes disoluciones:

de 80 a 500 cc en 1 litro

La relación de disolución se decide cada vez en relación a la capacidad absorbente de las matrices porosas. Es evidente que cuanto más diluida es la dispersión más numerosas pueden ser las aplicaciones necesarias. El disolvente a añadir para diluir es el alcohol isopropílico desnaturalizado CTS, tal cual o también, para aplicaciones particulares, una mezcla con agua desmineralizada hasta un contenido máximo de agua similar al 50 % en volumen. El uso de cantidades más o menos relevantes de agua depende de las condiciones de humedad del soporte y del ambiente: cuanto menor sea la humedad mayor cantidad de agua puede añadirse y viceversa. Una vez conseguida la disolución agitar nuevamente el recipiente que contiene la dispersión diluida y proceder a la aplicación mediante pincel o mediante nebulización, con protección de las superficies con papel japonés.

Aplicar hasta saturación del soporte ("hasta su rechazo") y esperar el completo secado antes de efectuar una eventual aplicación sucesiva. Efectos apreciables de consolidación se consiguen normalmente después de un número de aplicaciones que está obviamente relacionada a la concentración seleccionada: cuanto más se diluye la dispersión, mayor es el número de aplicaciones necesarias. Se puede aplicar desde 1-2 aplicaciones para la más concentrada a 10-12 para la más diluida. Acabada la última aplicación esperar 5-7 días antes de las pruebas de limpieza y verificación de las propiedades mecánicas de la superficie.

Antes de cualquier aplicación el recipiente que contiene la dispersión debe de agitarse y con igual cuidado se deben tratar las agitaciones de los recipientes de uso durante las aplicaciones.

La superficie tratable con 1 litro de producto no es a priori definible ya que depende tanto de la concentración de uso como de la capacidad absorbente de la matriz del soporte. Antepuesto esto se estima que el producto en concentración standard permite tratar aproximadamente 5-10 m² de



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

superficie pictórica de media porosidad de grado medio de decohesión superficial.

Es oportuno evitar el uso de Nanorestore® en aquellas situaciones en que la porosidad superficial se anula del todo por la presencia de fijativos poliméricos, depósitos consistentes de suciedad.

El uso del producto no como simple pre-consolidante, sino como consolidante final en presencia de sulfatación debe prever en uso preventivo de un tratamiento desulfatante con papetas de soluciones de carbonato de amonio o resina de intercambio iónico Amberlite 4400 OH. El producto Nanorestore® puede a este punto ser usado según las modalidades consabidas también en alternativa a las papetas de solución de hidrato de bario, si bien en este caso es aconsejable contactar con el Consorzio CSGI.

Se señalan sin embargo posibles problemas en caso de presencia de cantidades muy elevadas de sales de magnesio. Se recomienda, en cualquier caso, realizar una mínima investigación diagnóstica, antes de la intervención, finalizada a la determinación de la técnica pictórica y a la valoración de la degradación.

Se subraya en fin que es un material que se recomienda adecuado para las partes pintadas "en fresco".

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Nanorestore® no presenta particulares peligros para los usuarios.

En las aplicaciones a nebulización protegerse con máscara de los vapores de alcohol isopropílico y en ambientes muy cerrados facilitar la dispersión de los vapores con aspiradores.

El producto **Nanorestore®** es inflamable. Se manipula y almacena con las precauciones normales relativas a este tipo de productos.

ESTABILIDAD Y ALMACENAMIENTO

Puede formarse sedimento sobre el fondo, se recomienda una vigorosa agitación manual antes del uso

Las confecciones mantenerlas bien selladas y ausentes de aire y humedad tienen una duración de 12 meses.

CONFECCIONES

Nanorestore® está disponible en confecciones de 1 lt.

Las indicaciones y los datos indicados en el presente folleto se basan en nuestra experiencia actual, sobre pruebas de laboratorio y su correcta aplicación.

Estas informaciones no deben en ningún caso sustituirse a las pruebas preliminares que es indispensable efectuar para cerciorarse de la idoneidad del producto a cada caso determinado.

C.T.S. España garantiza la calidad constante del producto pero no responde de eventuales daños causados por un empleo no correcto del material. Además, puede variar en cualquier momento los componentes y las confecciones sin obligación de comunicación alguna.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

NEW DES 50

(NUEVA FORMULACION)

PRESERVANTE CONCENTRADO A BASE DE SALES CUATERNARIAS DE AMONIO PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROPIEDADES

El **NEW DES 50** debe su eficacia a una sal cuaternaria de amonio, el cloruro de N,N-didecil-N,N-dimetilamonio, en solución acuosa al 50% de materia activa.

Este tensioactivo de carácter "cationico" presenta, como otras sales cuaternarias de amonio, un elevado poder detergente y una marcada capacidad limpiadora.

El **NEW DES 50** es un conservante de materiales de construcción: producto empleado para la conservación de materiales de albañilería, materiales compuestos u otros materiales de construcción distintos de la madera mediante el control de los ataques microbianos y por algas.

CAMPOS DE APLICACIÓN

El **NEW DES 50** se usa sobre superficies de piedras naturales y artificiales, barro cocido y cerámicas, intónacos y morteros.

ACCION DEL pH Y DE LA TEMPERATURA

La actividad del **NEW DES 50** aumenta si se usa en ambiente alcalino en vez de ácido, y además aumenta todavía más al aumentar la temperatura. Por tanto, gracias a su estabilidad a altas temperaturas, se aconseja el uso en soluciones calientes e incluso con equipos de vapor de agua, como la **LIMPIADORA A VAPOR MINOR 164**.

ACTIVIDAD SUPERFICIAL

El **NEW DES 50** disminuye notablemente la tensión superficial e interfacial del agua en el que se ha disuelto, efecto coayudado por la presencia del 20% de alcohol isopropilico.

Esto hace que se comporte como un emulsionante, dispersante y bañante.

Sus soluciones, agitadas, dan lugar a formación de espuma.

Estas propiedades son muy importantes tanto por el poder detergente como por la acción sobre los microorganismos.

Gracias a las propiedades bañantes tiene tendencia a distribuirse sobre las superficies sobre las que se

aplica y a penetrar profundamente donde se ha acumulado suciedad en los ángulos y en los puntos muertos.

El **NEW DES 50** es fuertemente absorbido por la superficie de los materiales con los que entra en contacto.

Esta propiedad es muy útil en algunas aplicaciones ya que no enjuagando o enjuagando poco, permanece una parte de la sal de amonio cuaternario que protege por semanas la obra de nuevas formaciones de pátinas biológicas.

DATOS TÉCNICOS Y ANALÍTICOS TÍPICOS

Aspecto:	Líquido transparente de incoloro a amarillo
Densidad a 20°C:	0,92 g/ml.
pH:	6,5 – 8,0
Compatibilidad:	Limitada con tensioactivos aniónicos y con productos que lo contengan.

CARACTERÍSTICAS

- A las dosis recomendadas el producto es incoloro e inodoro.
- Es fácilmente soluble en agua formando soluciones estables que no son influenciadas por la luz, por la temperatura o por el largo almacenamiento. Es soluble también en alcohol
- Por el carácter "cationico" es incompatible con sustancias "aniónicas" como jabones, alcoholes sulfurados, etc.; es sin embargo, compatible con detergentes catiónicos o no iónicos y en parte con sales detergentes como carbonato de sodio, fosfato trisódico, etc., que, al contrario, en pequeñas dosis alcalinizan el ambiente incrementando así el efecto.
- El **NEW DES 50**, en la disolución de uso, no es irritante para la piel y no causa sensibilización.
- El **NEW DES 50** ve disminuir su actividad en presencia de materia orgánica. Por tanto en presencia de pátinas biológicas gruesas se aconseja aumentar la concentración y efectuar



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

una segunda aplicación después de haber eliminado la capa más externa.

METODOLOGIAS Y DOSIS

El **NEW DES 50** se usa en soluciones acuosas, junto a otros reactivos e inertes, para la preparación de papetas de limpieza para aplicar sobre la superficie a tratar.

Una fórmula de indiscutible éxito en la que el **NEW DES 50** confirma su eficacia es la "AB 57" (formulación del Instituto Central de Restauración de Roma). Dada la nueva concentración (50%) se aconseja diluirlo antes al 10% en materia activa (1 lt **NEW DES 50** en 4 lt H₂O), y después añadirlo a la fórmula según las dosis prescritas.

El **NEW DES 50** se usa además en soluciones acuosas sobre superficies anteriormente limpias.

Las concentraciones de uso del **NEW DES 50** son variables según las especies infectantes de la obra a tratar.

Es siempre de todas formas aconsejable efectuar investigaciones preliminares para determinar la concentración más oportuna.

De varias experimentaciones realizadas en laboratorio y en obras-prueba se ha comprobado la máxima acción sobre microorganismos con una concentración del 5% de materia activa (obtenible diluyendo el producto 1:9). En muchos casos se obtienen buenos resultados también con diluciones mayores, hasta 1:50.

En pruebas de laboratorio **NEW DES 50** es resultado activo sobre algunas de las más comunes especies de microorganismos, como: *Pseudomona Aeruginosa*, *Staphilococcus aureus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus Subtilis*, *Mucor*, *Citrobacter intermedium*, *Enterobacter aerogenes*, *Aspergillus niger*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Phormidium innundatum*, *Saccaromyces cerevisiaea*.

CONFECCIONES

El **NEW DES 50** está disponible en las confecciones de: 1 - 5 - 25 lt.

Las indicaciones y los datos reportados en la presente ficha están basados sobre nuestra experiencia actual, pruebas de laboratorio y su correcta aplicación.

Estas informaciones no deben sustituir a las pruebas preliminares que son indispensables efectuar para asegurarse de que el producto es idóneo para cada caso determinado.

C.T.S. garantiza la calidad constante del producto pero no responde de eventuales daños causados por un uso incorrecto del material. También, puede variar en cualquier momento los componentes y las confecciones sin la obligación de comunicación alguna.



Ficha de Datos de Seguridad
Según Reglamento (CE) 1907/2006

2064 Isooctano

1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Denominación:
Isooctano

Sinónimo:
2,2,4-Trimetilpentano, iso-Butiltrimetilmetano, iso-Octano

CAS: [540-84-1]

Nº de Registro REACH: 01-2119457965-22-XXXX

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla:

Producción de la sustancia.
Distribución de la sustancia.
Formulación y reenvase de sustancias y mezclas
Uso en revestimientos.
Uso en Agentes Limpiadores.
Uso en laboratorio.
Uso como combustible.

1.3 Identificación de la sociedad o empresa:

Productor: PANREAC QUIMICA S.L.U.

Distribuidor: CTS España Productos y Equipos para la Restauración S.L.
C/Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos
28906 - Getafe
Madrid (España)
Tel. (+34) 91 601 16 40 Fax. (+34) 91 601 03 33
e-mail: cts.espana@ctseurope.com

1.4 Teléfono de emergencia:

Número único de teléfono para llamadas de urgencia: 112 (UE)
Tel. emergencia CTS: (+34) 91 601 16 40 (Horario de oficina)

1. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla.

Clasificación Reglamento (CE) nº 1272/2008.

Líqu. infl. 2
Irrit. cut. 2
Tox. asp. 1
STOT única 3
Acuático crónico. 1

Clasificación (67/548/CEE o 1999/45/CE).

F Fácilmente inflamable	R11
Xn Nocivo	R38
N Peligroso para el medio ambiente	R65
	R67
	R50/53

2.2 Elementos de la etiqueta:

Pictogramas de peligrosidad



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H225 Líquido y vapores muy inflamables.
H315 Provoca irritación cutánea.
H304 Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
H336 Puede provocar somnolencia o vértigo.
H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia

P210 Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. No fumar.
P240 Conectar a tierra / enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.
P273 Evitar su liberación al medio ambiente.
P301+P310 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.
P331 NO provocar el vómito.
P403+P235 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener en lugar fresco.

Para más información de las Frases R mencionadas en este epígrafe, vea epígrafe 16.

2.3 Otros peligros:

No existen más datos relevantes disponibles.

2. Composición/información sobre los componentes

Denominación: Isooctano

Fórmula: C_8H_{18} M.= 114,23 CAS [540-84-1]

Número CE (EINECS): 208-759-1

Número de índice CE: 601-009-00-8

Nº de Registro REACH: 01-2119457965-22-XXXX

3. Primeros auxilios

4.1 Indicaciones generales:

En caso de pérdida del conocimiento nunca dar a beber ni provocar el vómito. Pedir inmediatamente atención médica.

4.2 Inhalación:

Trasladar a la persona al aire libre. En caso de asfixia proceder a la respiración artificial.

4.3 Contacto con la piel:

Lavar abundantemente con agua y jabón. Quitarse las ropas contaminadas. Pedir inmediatamente atención médica.

4.4 Ojos:

Lavar con agua abundante manteniendo los párpados abiertos.

4.5 Ingestión:

Evitar el vómito (existe riesgo de perforación). Pedir atención médica.

· **Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:**

Ver capítulo 11 para mayor información.

· **Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente:**

No existen más datos relevantes disponibles.

4. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción apropiados:

Dióxido de carbono (CO₂). Espuma resistente al alcohol. Polvo seco. Agua pulverizada.

5.2 Medios de extinción no apropiados:

Chorro de agua.

5.3 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:

Combustible. Mantener alejado de fuentes de ignición. En caso de incendio pueden formarse vapores tóxicos de CO y CO₂.

5.4 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios: