

ANUARIO
ARQUEOLÓGICO
DE ANDALUCÍA
2003

II
ACTIVIDADES
SISTEMÁTICAS Y
PUNTUALES

ANUARIO ARQUEOLÓGICO DE ANDALUCÍA 2003. II

Abreviatura: AAA'2003.II

Coordinación de la edición:

Dirección General de Bienes Culturales
Servicio de Investigación y Difusión del
Patrimonio Histórico.

C/. Levies, 27
41071 Sevilla
Telf. 955036900
Fax: 955036943

Gestión de la producción:

Empresa Pública de Gestión de Programas Culturales.
Área de Programas de Cooperación Cultural y de Difusión e
Instituciones del Patrimonio Histórico.

© de la edición: JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Cultura.

© de los textos y fotos: sus autores.

Edita: JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Cultura.

Impresión: RC Impresores, S.C.A.
ISBN de la obra completa: 84-8266-609-6
ISBN del volumen II: 84-8266-611-8
Depósito Legal: SE-3593-2006

INFORME DE LA ACTUACIÓN “ARQUEOMETRÍA DEL PATRIMONIO HISTÓRICO DE CÁDIZ: LAS PINTURAS ROMANAS DE LA NEÁPOLIS GADITANA. ESTUDIO DE LAS PINTURAS MURALES Y ESTUCOS DE LA C/ SANTA MARÍA N° 17-19 (CÁDIZ)”

SALVADOR DOMÍNGUEZ-BELLA
JOSE MARIA GENER BASALLOTE
IOANNA KAKOULLI
GEMMA JURADO FRESNADILLO
ANA DURANTE MACIAS

Resumen: Presentamos los primeros resultados del estudio de materiales realizado sobre las pinturas murales romanas de la Neápolis Gaditana, en concreto sobre muestras de la excavación del solar de la c/ Santa María 17-19, de la ciudad de Cádiz. Son descritos el marco geográfico e histórico del yacimiento. Se describen asimismo los resultados analíticos obtenidos de la aplicación de técnicas arqueométricas y geoarqueológicas dentro de un proyecto de carácter multidisciplinar. A partir de los resultados aportados por las técnicas de análisis físico-químicos, son obtenidos interesantes datos sobre la composición, naturaleza y posible procedencia de los pigmentos utilizados por los pintores romanos. Son estudiados asimismo la técnica, materias primas empleadas y procedencia de estas, tanto en la pintura mural como en la preparación de los enlucidos y estucos previos de las paredes, en un periodo histórico de la ciudad romana en torno al siglo I d.n.e.

Palabras clave: Pinturas Murales Romanas, Materias Primas Minerales, Pigmentos, Estucos, Arqueometría, Cádiz, España.

Abstract: We present the first results of the materials study that have been carried out on Roman wall paintings from the Cadiz Neápolis, specifically on samples from the urban rescue excavation of Santa Maria Street, numbers 17 and 19, in the urban context of the town of Cadiz. The geographical and historical context of this archaeological site is described. The results of the archaeometrical and geoarchaeological techniques, applied in a multidisciplinary project, are presented. Analytical results obtained from the physico-chemical techniques show new aspects on the pictorial technique and raw materials, employed by the Roman artisans in the wall preparation process with plasters and in pigments elaboration. Raw materials employed in the plaster elaboration are described and identified as local materials. The raw materials, present in the pigments of wall paintings, are also identified. The mentioned aspects are of interest to understand the urban building features in the historical context of the first century A.D. in the Roman city of Gades.

Key words: Roman Wall Paintings, Raw materials, Pigment, Plaster, Archaeometry, Cadiz, Spain.

Introducción.

Entre finales de 2003 y 2004 se han desarrollado los trabajos analíticos de la actuación “Las Pinturas Romanas de la Neápolis

Gaditana. Estudio de las Pinturas Murales y Estucos de la C/ Santa María N° 17-19 (Cádiz)”, enmarcada dentro de nuestra línea de investigación multidisciplinar sobre Arqueometría del Patrimonio Histórico de Cádiz, que venimos desarrollando desde 1994, primero en el Grupo de Investigación RNM-114 y ahora en el Grupo RNM-326, “Mineralogía y Geoquímica Aplicadas”, en el Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Cádiz.

El conjunto de pinturas murales y restos de estucos sobre los que están ubicadas, fueron recuperados durante la intervención de urgencia realizada en 2001 en los solares de la Calle Santa María 17-19 de Cádiz, dirigida por D. José M^a Gener Basallote y D. Juan Miguel Pajuelo, con la participación de Gema Jurado Fresnadillo. En dicha actuación, conforme al Reglamento de Actividades Arqueológicas de la Junta de Andalucía, se buscó el doble objetivo de salvaguardar el patrimonio arqueológico gaditano y de complementar los conocimientos científicos sobre el proceso histórico de la ciudad, en una zona de la ciudad calificada como de riesgo 1. (Gener, 2001). En esta línea, surgió la idea de iniciar este tipo de estudios de materiales constructivos romanos, que hasta la fecha no se había realizado en la Ciudad de Cádiz, a pesar de tratarse de una ciudad de historia milenaria, con un patrimonio arqueológico de extraordinario interés, variedad y abundancia.

Los estudios arqueométricos, en los que técnicas físico-químicas de análisis son aplicadas al estudio científico de materiales arqueológicos de todo tipo, (Herz y Garrison (1998), así como de los yacimientos en su conjunto, están desarrollándose en España desde hace tan solo una o dos décadas, si bien, en el momento actual están ganando en importancia dentro del desarrollo de cualquier proyecto arqueológico o de recuperación y estudio del Patrimonio Histórico y Artístico (Domínguez-Bella y Morata, 1995).

A pesar de que aun son minoritarios los grupos de investigación que en el estado español se dedican a esta línea de trabajo, se está recuperando poco a poco el desfase tanto técnico como en la información científica disponible sobre los materiales arqueológicos, que eran recuperados en las intervenciones arqueológicas realizadas, con respecto al nivel de desarrollo de otros países europeos, con varias décadas de ventaja en este tipo de estudios, iniciados a principios del siglo XX en los laboratorios de investigación de los grandes museos europeos (British, Louvre, Berlín, etc.).

La cantidad y calidad de información arqueológica que es posible obtener de una colaboración realmente multidisciplinar entre los investigadores en técnicas arqueométricas y los arqueólogos, restauradores, arquitectos, etc., es aun poco conocida para muchos profesionales, siendo una asignatura pendiente en muchas de nuestras Universidades, Órganos de Gestión del Patrimonio, Administraciones, etc.

OBJETIVOS GENERALES Y LÍNEAS DE TRABAJO.

En un enclave histórico de la importancia de la Ciudad de Cádiz, cuyo patrimonio Arqueológico es de gran interés histórico, cultural y didáctico, unido a su indudable atractivo turístico; resulta extraordinariamente interesante obtener un mejor conocimiento tanto de las características, origen, utilidad y proceso de manufactura, de los diferentes elementos arquitectónicos y constructivos, presentes en los edificios recuperados, que han aparecido a lo largo de su dilatada historia de excavaciones.

La idea de trabajo que hemos seguido, coincide plenamente con el espíritu que anima a la Consejería de Cultura, de cara a la gestión del Patrimonio Arqueológico, que tal y como exponía la anterior Consejera de Cultura: “eran tareas primordiales la investigación, protección y conservación, así como la posterior difusión de resultados, impulsándose la redacción de publicaciones que potenciasen un mejor conocimiento de estos lugares de interés patrimonial” (Carmen Calvo, Consejera de Cultura, Presentación del libro: “Baelo Claudia, una ciudad romana de la Bética”, de Pierre Sillières, C.C.V., 51, 1997)

Se ha tratado de obtener nuevas informaciones sobre aspectos tales como las técnicas constructivas de los artesanos especialistas en pintura mural en el mundo romano, durante este periodo histórico de la ciudad de Cádiz (elaboración de estucos, preparación de las paredes, técnicas pictóricas, etc.), materias primas utilizadas (explotaciones y cantería local, pigmentos locales e importados, composiciones y mezclas de los mismos, etc.), áreas fuente de los materiales de construcción (sillares, materias primas para los estucos, etc.). Ha resultado de interés de cara a poder determinar la procedencia de las materias primas empleadas, su carácter local o alóctono y sus redes de comercio y distribución en el Oeste del Imperio Romano, especialmente durante el Siglo I d.C.

Estos aspectos son sin lugar a dudas de gran interés, no solo por permitir un mejor conocimiento material de este Patrimonio Histórico, como las materias primas, minerales o no minerales, utilizadas en la elaboración de pigmentos; su procedencia geológica o geográfica si se trata de compuestos naturales y finalmente los aspectos tecnológicos de su elaboración, en el caso de que sean sintéticos, tal y como ocurre con el azul egipcio, compuesto presente en dichas pinturas. Además, por que pueden aportar interesantes datos históricos sobre la vida cotidiana en esta ciudad romana y de algunos de los elementos constructivos de la misma, en los siglos I-II d.n.e.

Si podemos disponer de una mayor información sobre su estado, será más fácil y fiable la realización futura de posibles intervenciones de restauración de los mismos.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA, INTRODUCCIÓN HISTÓRICA Y ARQUEOLÓGICA DE LA ZONA.

La actual ciudad de Cádiz, está ubicada sobre la desembocadura del río Guadalete en el Océano Atlántico, que a lo largo de su evolución cuaternaria, ha sufrido una serie de cambios geográficos significativos, dando una serie de morfologías variables de lo que hoy conocemos como Bahía de Cádiz (Gutiérrez Mas *et al.*, 1991).

Esta evolución geológica hace que en la prehistoria, la morfología costera fuera muy diferente a la actual, con una serie de

islas que estarían ubicadas en la zona central y suoriental de una gran Bahía. En esta etapa, se tiene constancia de una ocupación humana del territorio ocupado actualmente por la ciudad, con yacimientos en los que está presente una industria lítica del Paleolítico, como en la Playa de La Caleta (Herrero, 2002).

Se ha documentado la presencia de otros asentamientos pertenecientes a la Prehistoria reciente, también en la ciudad de Cádiz, pero no es hasta el primer cuarto del primer milenio antes de Cristo, en que se constata la presencia de asentamientos fenicios en la zona, posiblemente antes del siglo VIII a.C. (Fierro, 1995, Pág.59).

Tras unas etapas iniciales, se debió formar una primera colonia semita, ya con carácter estable (Gadir), sobre cuya ubicación existen diferentes hipótesis. Este núcleo de población estaría sin duda muy relacionado con las instalaciones portuarias, que posiblemente se ubicaron en el denominado Canal Bahía-Caleta o Canal de Ponce, brazo de agua que unía la actual Playa de La Caleta, con el actual Puerto comercial gaditano, atravesando la plaza de la Catedral y de San Juan de Dios.

Sobre la posición exacta de dicho núcleo hay dos hipótesis de trabajo en estos momentos: una de ellas (Fierro, 1979) lo ubicaría en el cerro ocupado ahora por la Torre de Tavira, punto de la máxima cota en la actual ciudad de Cádiz; la otra, lo situaría en el cerro ocupado actualmente por el Barrio de Santa María, en la ladera que vierte hacia la Plaza de San Juan de Dios (Álvarez, 1993).

Con el paso del tiempo, se produjo quizás un cegamiento del paleocauce del canal por colmatación, creándose en época romana la denominada Neápolis Gaditana, auspiciada por los Balbos, y que ocuparía parte de los actuales barrios del Pópulo y Santa María, además de una porción de tierra junto a la costa, actualmente desaparecida por erosión litoral.

En estos momentos, disponemos de muchos más datos sobre el urbanismo de la Gades romana, a partir de importantes descubrimientos de edificios e instalaciones romanas en varios puntos de la ciudad, como la Plaza de San Antonio, el Campo del Sur, la c/ Botica y la Casa del Obispo, junto a la Catedral. Se han encontrado secuencias de ocupación extraordinariamente amplias, como la de la Casa del Obispo, que van desde el siglo VIII a.C. hasta la actualidad (Gener, 2001).

El solar 17-19 de la Calle Santa María de Cádiz, se encuentra ubicado en el Barrio de Santa María, una zona de la ciudad sobre la que se asienta la Neápolis romana de Gades (Figura 1). En esta zona, la riqueza en restos arqueológicos es notoria, con ejemplos espectaculares como el próximo Teatro Romano, situado en el adyacente Barrio del Pópulo o los edificios romanos públicos de época republicana, excavados en la Casa del Obispo.

Se han realizado asimismo, varias intervenciones de urgencia en la zona, como las de la Calle Viento, nº 2-4, donde apareció una cisterna y restos de una vivienda romana, con pavimentos de *opus signinum*, restos de estucos pintados y mármoles de pavimento.

El encuadre histórico de dichos restos, parece corresponder a la época de construcción de la Neápolis de Cádiz, a partir del 19 a.C., promovida por Balbo el Menor, tras recibir la ciudad el estatuto jurídico de municipio.

En el entorno de la c/ Santa María, se realizó otra intervención en la C/ Botica, donde aparecieron enterramientos fenicios del siglo VI a.C. y estructuras de tapial del siglo VII a.C. Finalmente, en una intervención en la C/ San Roque aparecieron mosaicos romanos, pertenecientes a una *domus* romana (Gener, 2001).



FIG. 1. Mapa actual de Cádiz, con el emplazamiento de la C/ Santa María y la posición aproximada del Canal Bahía-Caleta en época romana.

INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES ESTUDIADOS, LA PINTURA MURAL ROMANA EN LA CIUDAD DE CÁDIZ.

Los materiales arqueológicos estudiados en esta actuación, han consistido en un conjunto de fragmentos de estucado de pared, con presencia de pinturas murales sobre ellos.

Dichas muestras pertenecen a los materiales recuperados en la intervención de urgencia realizada en el solar de la C/ Santa María 17-19, dirigida por José María Gener y Juan Miguel Pajuelo, durante 2001. Las muestras fueron recuperadas en las unidades estratigráficas D-11 y D-12, correspondientes con vertidos del siglo III d.C., depositados en el interior de un espacio delimitado por muros construidos con sillares de roca ostionera y levantados en el siglo I. d.C. (Gener, 2001). Esta unidad fue datada mediante el registro cerámico y la estratigrafía.

El interés de dichos materiales es alto, a pesar de no haberse podido recuperar ningún panel de pintura mural in situ y de tratarse de materiales muy fragmentados. Este interés radica en varios factores, como son: la amplia gama cromática de los pigmentos utilizados en estas pinturas; la práctica ausencia de estudios de este tipo en el patrimonio arqueológico de la provincia de Cádiz y en general, de Andalucía; la ubicación del yacimiento arqueológico, en una zona de la ciudad de alto interés histórico, etc.

Se ha considerado la escasa cantidad de materiales existentes en las excavaciones realizadas hasta ahora en el casco urbano de Cádiz y el escaso desarrollo que ha tenido hasta ahora la investigación arqueométrica en estos materiales, en especial en dicha ciudad, donde hay importantes vacíos de investigación.

Este proyecto, podrá servir como punto de partida para el inicio de nuevos estudios, que dados los resultados obtenidos hasta la fecha, abren un interesante panorama en los estudios arqueométricos de los materiales constructivos en el Cádiz romano y prerromano, especialmente tras los nuevos hallazgos documentados en los dos últimos años, como las construcciones en los Cuarteles de Varela o el solar del antiguo Teatro Cómico o la calle Jabonería, actualmente en excavación. Por ello, no se debe descartar la necesidad de abordar futuros estudios analíticos de materiales procedentes de dichas excavaciones de urgencia y/o sondeos estratigráficos en la ciudad de Cádiz, según las circunstancias de la investigación y en colaboración directa con la Delegación de Cultura de la Junta de Andalucía en Cádiz.

Según la cronología generalmente aceptada en la actualidad, para las etapas estilísticas definidas en la pintura mural romana, al menos en la península italiana, los principales Estilos de Pintura Romana o pompeyanos (con cronologías aproximadas), son:

- Primer Estilo: aproximadamente del 150 B.C. al 80 B.C.
- Segundo Estilo: aproximadamente del 80 B.C. al 14 A.D.
- Tercer Estilo: aproximadamente del 14 al 50 A.D.
- Cuarto Estilo: aproximadamente del 50 al 79 A.D.

Según Ferrer (1995), se puede hablar de una época en la pintura mural en España, que correspondería con parte de la dominación romana. De estos estilos, solo aparecen en la España romana, el primero y el tercero JIMENEZ (Ed.) 1992). Es conocida desde hace tiempo, la existencia de pinturas murales de época romana en la ciudad romana de Cádiz, así Abad Casal (1982, p.113 y fig.441) cita la existencia de varios yacimientos con presencia de estas pinturas murales en la necrópolis y edificios públicos, con presencia de motivos vegetales y geométricos.

Pretendemos acercarnos al proceso histórico que abarca la ocupación romana de la zona gaditana durante el periodo altoimperial, su papel dentro de esta zona geográfica, su función portuaria y de intercambio de mercancías, el desarrollo de sus producciones industriales y las características del urbanismo romano y sus técnicas constructivas en los siglos I-II d.n.e.

A partir de los datos aportados por la investigación arqueológica y arqueométrica, podrán ser parcialmente resueltos algunos de los problemas relativos a las fases de la ocupación romana de este territorio.

METODOLOGÍA y PREPARACION DE MUESTRAS

En este proyecto de estudio de materiales arqueológicos, abordado desde una visión y metodología claramente multidisciplinar, el trabajo se ha desarrollado básicamente dentro de un área experimental. En todo momento, se ha procurado al máximo conseguir una conservación del mayor número posible de muestras y especialmente de aquellas que por sus características, pudieran tener un cierto interés museístico.

Tras una selección representativa sobre los aproximadamente 200 fragmentos de estuco recuperados en la excavación de 2001, las muestras a estudiar han sido un total de 21 (Tabla I).

Estos fragmentos, tras ser secados a temperatura ambiente, fueron limpiados en superficie con cepillado suave, para eliminar los restos de sedimento adheridos. Tras esta limpieza suave, se procedió a la limpieza de la capa pictórica mediante bastoncillos de

algodón impregnados en agua bidestilada, secando los fragmentos posteriormente a temperatura ambiente, con posterior soplado de aire para eliminar los posibles restos de fibras de algodón adheridas a la superficie en el anterior proceso. Este tratamiento de limpieza, permite ya la observación macro y microscópica de la capa pictórica de las pinturas murales.

Otras muestras de pequeño tamaño y sin valor museístico, han sido cortadas con sierra circular de diamante, perpendicularmente a la superficie pictórica, obteniendo así una perfecta estratigrafía de las distintas capas que forman el estucado de la pared. Estas secciones se embutieron posteriormente en resina de poliéster, en condiciones de vacío, tras cuya solidificación se procedió a obtener, de nuevo mediante corte con disco diamantado, las correspondientes láminas delgadas de los estucos y capas pictóricas. Para los estudios mediante microscopía óptica de luz polarizada, se han usado estas láminas delgadas, sobre sus correspondientes portas de vidrio.

Otro grupo de muestras se prepararon por separación de pequeños paralelepípedos de 10 X 10 X 4 mm, a partir de cada fragmento de estuco original, mediante corte con disco diamantado de precisión (SCCYT, Universidad de Cádiz). Estos paralelepípedos han permitido obtener directamente diagramas de difracción de Rayos X de las distintas capas pictóricas presentes en el muestreo, así como realizar estudios mediante estereomicroscopía de la textura superficial, presencia de huellas de trazos en el estuco previos a la pintura, superposición de capas pictóricas, etc.

Algunas de estas muestras o fragmentos de ellas, tras ser metalizadas con oro, han servido también para los estudios mediante microscopía electrónica de barrido y microanálisis por energía dispersiva de Rayos X. Las muestras para Espectroscopia de Infrarrojos por Transformada de Fourier, fueron preparadas con algunos miligramos de la capa pictórica, obtenidos por raspado

MUESTRA	Medidas Fragmento (mm)			Tipo de Decoración	Colores de los Pigmentos	Otros
PRCA-01	40	40	15	Motivos geométricos	Blanco, Ocre, Pardo, Rojo, Verde.	
PRCA-02	45	25	14		Ocre amarillento	
PRCA-03	55	40	20		Verde, Ocre Rojo, Blanco.	
PRCA-04	40	30	15		Bermellón, Pardo	
PRCA-05	18	14	11		Verde	
PRCA-06	50	30	20		Bermellón	
PRCA-07	10	8	3		Azul	
PRCA-08	40	35	25		Negro	
PRCA-09	55	40	20	Cornisa ¿?	Violeta, Blanco, Pardo.	
PRCA-10	70	65	28	Geométrico	Azul, Negro, Ocre, Blanco.	Tira de Puntos blancos
PRCA-11	100	70	44		Ocre Rojo	
PRCA-12	72	70	14	Geométrico	Verde, Pardo, Blanco, Rosado.	
PRCA-13	81	35	21	Vegetales: hojas y flores blancas.	Ocre, Pardo, Verde, Blanco.	
PRCA-14	50	30	17	Líneas	Negro, Blanco, Pardo.	Línea blanca
PRCA-15	56	53	23	Geométrico líneas	Azul-verdoso, Blanco, Pardo	Línea parda, fondo azul verdoso y blanco.
PRCA-16	70	75	31	Geométrico	Bermellón, Blanco, Pardo, Verde.	
PRCA-17	65	52	31	Geométrico	Blanco, Pardo, Ocre Rojo.	
PRCA-18	60	47	40	Líneas	Ocre, Bermellón, Pardo.	Ocre amarillento y bermellón en fondo, línea parda.
PRCA-19	75	46	32	Líneas	Ocre, Blanco, Pardo.	Línea blanca y parda. Fondo ocre.
PRCA-20	32	25	19	Líneas y rombo	Blanco, Ocre, Bermellón, Pardo.	Línea blanca, rombo bermellón.
PRCA-21	50	56	22	Banda ajedrezado diagonal. Líneas	Azul, Pardo, Bermellón.	Banda roja ajedrezado

Tabla I. Listado de las muestras analizadas en el presente estudio

con bisturí, pulverizados, tamizados y mezclados con BrK, para elaborar una pastilla de 12 mm de diámetro, que es prensada a 12 Tm/cm².

TECNICAS ANALÍTICAS UTILIZADAS

Las determinaciones analíticas se han llevado a cabo con el empleo de las siguientes técnicas físico-químicas: Difracción de Rayos X, Fluorescencia de Rayos X, Microscopía Electrónica de Barrido y Transmisión, Microanálisis mediante Energía Dispersiva de Rayos X, Espectroscopía de Infrarrojos mediante Transformada de Fourier y Microscopía Óptica de Luz polarizada. Se han realizado además, análisis granulométricos y determinaciones ópticas de minerales pesados sobre los morteros y estucos.

Igualmente, están en curso de realización, los análisis isotópicos de azufre, para muestras de pigmento rojo bermellón, un componente presente en estas pinturas murales.

En estos estudios es posible aplicar técnicas propias de la petrología tales como la microscopía óptica de luz polarizada (Cisneros y Lapuente, 1992; Domínguez-Bella, 1996; Domínguez-Bella *et al.*, 1995 y 1996) o la microscopía electrónica de barrido, que aportan información sobre cual fue la técnica constructiva y los materiales utilizados en la preparación de la superficie pictórica, las materias primas presentes y si estas tuvieron o no, una procedencia local (Domínguez-Bella, 2001).

Mediante las técnicas de estereomicroscopía, espectroscopía de IR y difracción de Rayos X, se ha llevado a cabo la caracterización de pigmentos, de los tamaños y morfologías de granos minerales, el color, etc. Simultáneamente, se ha procedido al registro fotográfico de las muestras y la creación de una base

de imágenes digitalizadas de estas pinturas romanas de Cádiz (PIROCA).

Con el empleo de estas técnicas de caracterización, se han podido determinar con exactitud qué colorantes minerales u orgánicos fueron utilizados por los artesanos y pintores romanos de la época para la decoración de las paredes de construcciones civiles como la del yacimiento de la C/ Santa María de Cádiz.

Finalmente, se ha realizado una aproximación al estudio tipológico y estilístico de estas pinturas murales, al objeto de contrastar su posible cronología con otros datos arqueológicos obtenidos en la excavación.

RESULTADOS

Caracterización de los Pigmentos.

La caracterización de los pigmentos presentes en la capa pictórica muestra que los artesanos romanos que ejecutaron estas pinturas, usaron una paleta con presencia en general, de muchos de los pigmentos minerales clásicos (Tabla II).

Como primeros resultados de estos análisis se han determinado los principales pigmentos minerales o sintéticos con los que se elaboraron los colores presentes en las pinturas murales. Estas coloraciones están dominadas por un conjunto de colores tales como el blanco, ocre amarillento, ocre rojizo (figura 2), rojo bermellón, verde oliva, azul, rojo violáceo y negro. Los análisis mediante difracción de rayos X realizados hasta la fecha han permitido identificar los principales componentes minerales presentes, como calcita, hematites, goethita, cinabrio, etc.

MUESTRA	COLOR	Componentes Minerales (DRX-EDS-MO)	
		MAYORITARIOS	MINORITARIOS
PRCA – 1	Blanco	Calcita	Cuarzo
PRCA – 2	Ocre amarillento	Goethita	Calcita
PRCA – 3	Ocre Rojo	Hematites	Calcita, Yeso, Cuarzo
PRCA – 4	Rojo Bermellón	Cinabrio	Calcita, Yeso,
PRCA – 7	Azul	Azul Egipcio (Cuprorivaita)	Calcita, Cuarzo
PRCA – 5	Verde	Celadonita + Clorita	Calcita
PRCA – 6	Verde azulado	Celadonita + Azul Egipcio	Calcita, Cuarzo
PRCA – 9	Violeta	Hematites, Azul Egipcio, carbón	Calcita, Dolomita, Cuarzo
PRCA – 8	Negro	Carbono (Negro de hollín o carbón vegetal)	Calcita

Tabla II. Componentes minerales detectados mediante Difracción de Rayos X (DRX), microanálisis por Energía Dispersiva de Rayos X (EDS) y Microscopía Óptica (M.O), en los colores de las pinturas murales estudiadas.



FIG. 2. Fragmento de pintura mural romana, procedente de la excavación de la C/ Santa María, Cádiz. Presenta un diseño con diferentes motivos geométricos, con trazos pardos, verdes, ocre y rojizos, sobre fondo blanco y zona de fondo rojo.

El color blanco “Creta”, se obtiene a partir de carbonato cálcico, calcita (CaCO_3), el ocre amarillento “Sil”, a partir de una mezcla de goethita y calcita; el ocre rojo “Rubrica”, con hematites (Fe_2O_3); el rojo bermellón “Minium Cinnabaris”, con cinabrio (HgS),

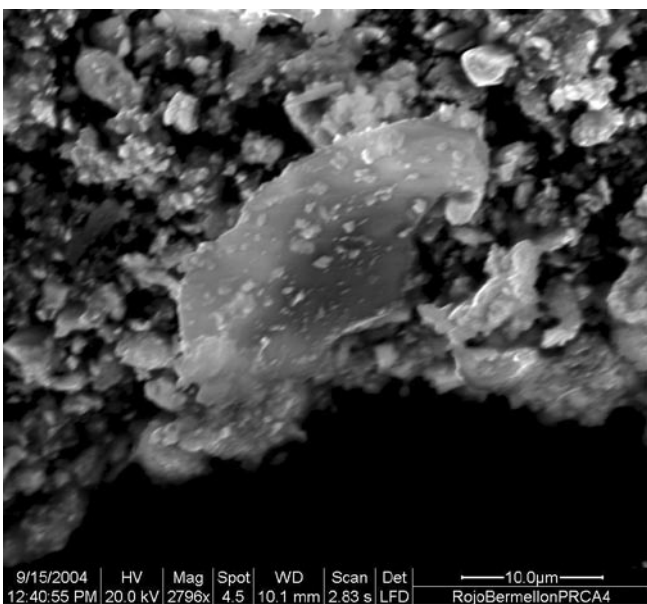
finamente pulverizado; el verde “Creta viridis”, con una mezcla de celadonita $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe}^{+2})(\text{Fe}^{+3}\text{Al})\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ y una clorita $(\text{Mg},\text{Fe}^{+2})5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, una mezcla no muy usual en esta zona, al menos no citada hasta la fecha en pinturas murales de la Bética; el verde azulado, conseguido con una mezcla de celadonita y azul egipcio.

El color azul, se elaboró con el pigmento típico para este color, el azul egipcio “Caeruleum” ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$) (cuya fórmula corresponde con la de la cuprorivaíta natural), fabricado por frita de sílice, carbonato cálcico y residuos de metal o mineral cuprífero; el color violeta, es obtenido por una mezcla de hematites y trazas de negro orgánico y azul egipcio; finalmente, los tonos negros de las pinturas se obtienen mediante el uso de un negro orgánico “Atramentum”, posiblemente hollín o carbón vegetal.

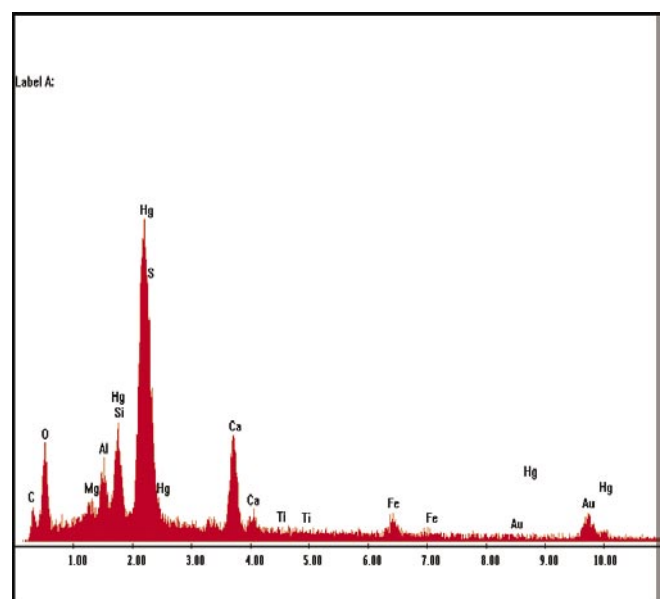
El color violeta “Purpurea” aparece raramente en estas muestras, de los análisis realizados en la muestra PRCA-9, se deduce una composición formada por una mezcla de hematites, azul egipcio y calcita. Esta es, según Bearat, 1996 (pág. 31), una de las posibles recetas para la obtención de este color, tal y como ocurre en las ruinas romanas de Dietikon (Suiza) (Bearat, 1996 y 1997).

Así pues, dentro de la paleta de los pintores romanos se emplearon tanto colores naturales, como los óxidos de hierro (ocres) o el cinabrio (Figura 3); como otros colores elaborados artificialmente como el “azul egipcio”.

Las muestras de color verde, están constituidas como ya se ha dicho, en su mayor parte por un mineral del grupo de las micas, la celadonita ($\text{K}(\text{Mg},\text{Fe}^{+2})(\text{Fe}^{+3}\text{Al})\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), compuesto bastante común en muchas de las pinturas romanas (Delamare, (1987)), si bien no siempre presente cuando se trata de colores verdes en la pintura mural (Barbet, 1990). En este caso, se ha comparado mediante difracción de rayos X y morfoscopía con microscopía electrónica de barrido, los cristales de celadonita triturada, que aparecen en la capa pictórica, con muestras geológicas de este mineral, procedentes del yacimiento clásico de



A



B

FIG. 3. A) Imagen de MEB, de un grano de cinabrio (grano central en la foto), de la muestra PRCA-4 de pintura de color rojo bermellón; B) Análisis químico puntual, mediante EDS del mismo cristal de cinabrio, mostrando picos del Mercurio y el azufre. La presencia de otros elementos químicos como calcio, aluminio, magnesio, corresponden con la cal del estucado y otros minerales presentes en este.

Skouriotissa en Chipre, en donde se tiene constancia que fue explotado en tiempos romanos.

Los resultados, debidos en parte a la escasez de material arqueológico para el estudio y al alto grado de trituración del mismo así como de mezcla con otros minerales como la clorita, calcita, etc., hacen difícil obtener conclusiones claras al respecto, debiendo ser contrastados estos estudios con nuevas muestras procedentes de otros yacimientos clásicos, como el del Monte Baldo en Italia. En cualquier caso, se trataría de un pigmento con un más que posible origen lejano, dada la práctica inexistencia de este mineral en la Península Ibérica, al menos a una escala explotable, como material para la elaboración de pigmentos.

Las muestras de color azul y azul verdoso, están elaboradas con una mezcla de calcita y azul egipcio, un material sintético, con idéntica composición que el mineral cuprorivaita y de aspecto vidriado (Figura 4). La manufactura de esta sustancia, posiblemente se realizó en otras áreas geográficas, en las que la materia prima para su elaboración fuera abundante, se trataría por tanto de un pigmento importado, transportado por los comerciantes o los pintores, en forma de pequeñas esferas, como hemos constatado en otros yacimientos de la provincia de Cádiz y de España.

Blet *et al.* 1995, proponen que el proceso de fabricación de este compuesto debió estar asociado en mayor o menor medida, a las fundiciones de bronce, utilizando los subproductos de estas, como fuentes de materia prima para su fabricación. Estos subproductos se sugiere que sean: cobre puro, bronce y bronce con plomo. En nuestros análisis micropuntuales sobre los granos de azul egipcio, mediante EDS y microscopía electrónica, no hemos detectado la presencia de plomo en su composición. Igualmente, tampoco han aparecido trazas de metales como el estaño, que según Damiani *et al.*, 2004, estarían presentes en azules egipcios elaborados a partir de estos residuos de fundiciones, por lo que se supone que se trataría de una fórmula de azul egipcio "puro", es decir, obtenido a partir de compuestos de cobre (Kakoulli, 2001).

Los granos de azul egipcio existentes en la capa pictórica, se presentan con las habituales morfologías de granos irregulares;

proceden de un proceso de trituración y molienda de la frita similar a vidrio, previamente sintetizado (Figura 4).

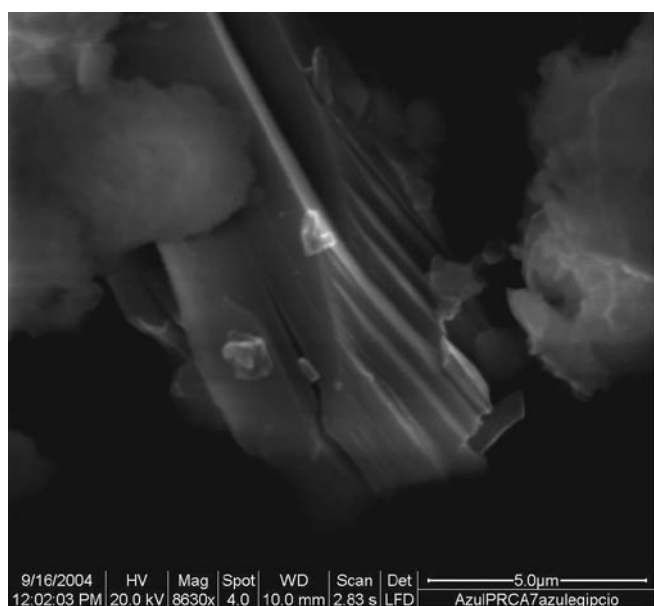
Es posible la existencia de aglutinantes orgánicos, usados durante la elaboración de la lechada de pintura de la capa pictórica o de barnices y ceras, que pudieron ser aplicadas una vez concluido el proceso de pintado y seca esta capa. Pretendemos identificar si ha permanecido algún vestigio de estos compuestos, tal y como ha ocurrido en otros yacimientos con pinturas romanas, como Campo Valdés en Gijón (Moreno *et al.*, 1997), en donde se identificaron compuestos tales como aceites, resinas o leche de higuera. Se hicieron varios intentos sobre diferentes muestras, con el empleo de espectroscopia de Infrarrojos (FTIR). Estas determinaciones aun no han dado resultados contrastables en el conjunto de muestras estudiado.

CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTUCOS.

De las 21 muestras seleccionadas para este estudio, se han elegido algunas de ellas, que por su mayor espesor o presencia de una secuencia más completa de las diferentes capas de enlucido, pudieran resultar más representativas de las características generales que presenta este conjunto de pinturas murales.

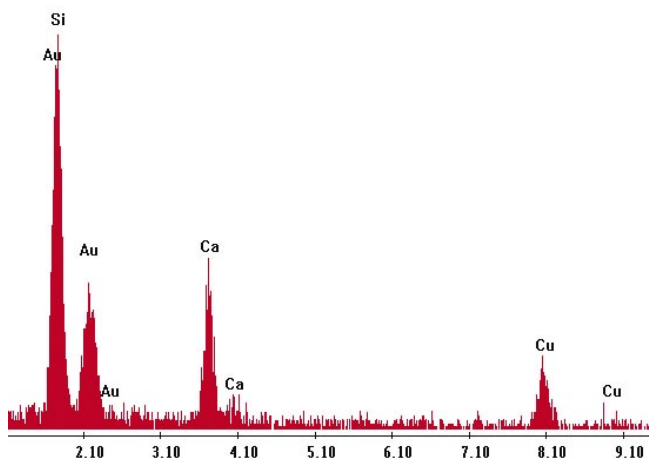
La metodología de estudio elegida ha seguido las pautas generales de anteriores trabajos de investigación sobre el tema, tales como los descritos por Cisneros y Lapuente (1992), Bearat *et al.*, (1997), Fuchs y Bearat (1997), Domínguez-Bella (2001), Domínguez-Bella, Morata (2002). Hemos estudiado diferentes muestras de estucos, pertenecientes a diferentes sectores de la pared o paredes originales, de las que por desgracia no conocemos su posible ubicación original, dado que en la excavación solo apareció material de escombros.

Las muestras, como ya se ha explicado, tanto para el estudio de la capa pictórica, como de los revocados y estucos, se cortaron en seco con sierra diamantada y se impregnaron en resina al vacío, tras lo cual se prepararon las correspondientes láminas delgadas para su estudio petrológico.



A

Label A:



B

FIG. 4. A: Vista con microscopía electrónica de barrido, de un grano de azul egipcio, perteneciente a la superficie de la capa pictórica de una muestra de color azul (PRCA-7); B: Espectro EDS del análisis químico del grano anterior, que muestra una composición de Silicio, Calcio y Cobre. Los picos de oro, corresponden al metalizado de la muestra.

Conforme a los tratados clásicos, especialmente el libro VII de Arquitectura, de Vitrubio y los textos de Plinio el Viejo: “cuando se hallan aplicado sobre un muro al menos tres capas de mortero, se enmacizan las superficies con grano de mármol; cuando esta última capa estuviera alisada y aplanada, se aplica una nueva capa de polvo de mármol más fino y tras ella otra aun más fina”. La citada sucesión de tres capas de estuco con arena y otras tres de terminación ricas en mármol, evitan posibles grietas y desperfectos en la pared y dan a la capa final una gran blancura sobre la que resaltan especialmente los colores de la capa pictórica añadidos. Estos colores debían ser aplicados según la técnica del fresco, es decir sobre la superficie de enlucido aun fresca, por lo que menciona: “Por eso los enlucidos hechos como es debido no sólo no se echan a perder con el tiempo, sino que ni lavándolos cambian de color, a menos que los colores se hayan aplicado o con poca diligencia o cuando el estuco estuviera seco. Por tanto los enlucidos hechos en las paredes con las reglas dichas podrán ser sólidos y conservarse lustrosos permanentemente”. Algunos de estos extremos se han contrastado experimentalmente (Hafner, 1997).

En la mayor parte de los estucos de la c/ Santa María hemos observado tan solo dos capas de *arriccio* (A y B) y una de *intonaco* (C), tal y como se puede ver en la Figura 5. Sobre esta capa de *intonaco*, de tonalidad más clara, debido a un mayor contenido en carbonato cálcico (mayor proporción de cal en la mezcla con arena), se encuentra la capa pictórica de la pared (C.P.).

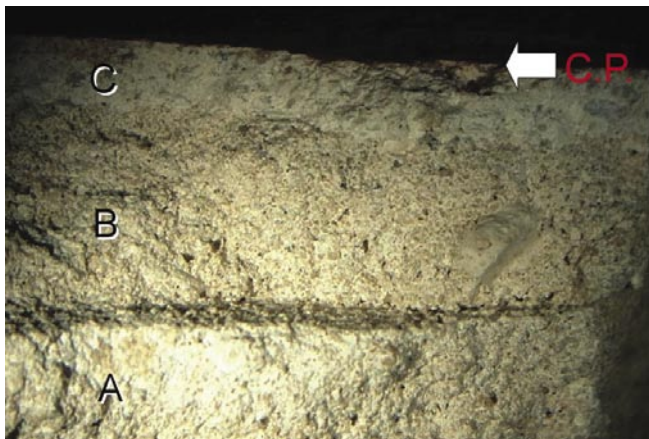


FIG. 5. Estratigrafía del enlucido y estucado de las muestras estudiadas, presentando en sección: la capa pictórica (CP) sobre el intonaco (C) y las dos capas de *arriccio* (B y A). Espesor total de la muestra: 50 mm.

El espesor de los enlucidos y del estuco, oscila entre los 30 y 45 mm., no observándose sistemas de trabazón al muro tales como clavos o cañizo, ni fragmentos cerámicos, en los morteros.

Las dos capas de *arriccio* presentan unos espesores medios en torno a 15 mm., sumando entre ambas unos 30-40 mm. Sobre estas capas se depositó una capa de *intonaco*, de unos 3 mm, con presencia en algunas de las muestras, de granos de mármol de hasta 1 mm de diámetro (como en la PRCA-9) (Figura 6).

Mediante microscopía óptica de luz transmitida, observando las diferentes secciones de los estucos y con difracción de rayos X, se ha obtenido la mineralogía del *arriccio*. Esta muestra una composición basada en la presencia de una matriz de calcita, procedente del mortero de cal; granos de cuarzo mono y policristalino, generalmente muy redondeados, fragmentos de conchas de carbonato cálcico (F.C.), especialmente de moluscos (Figuras

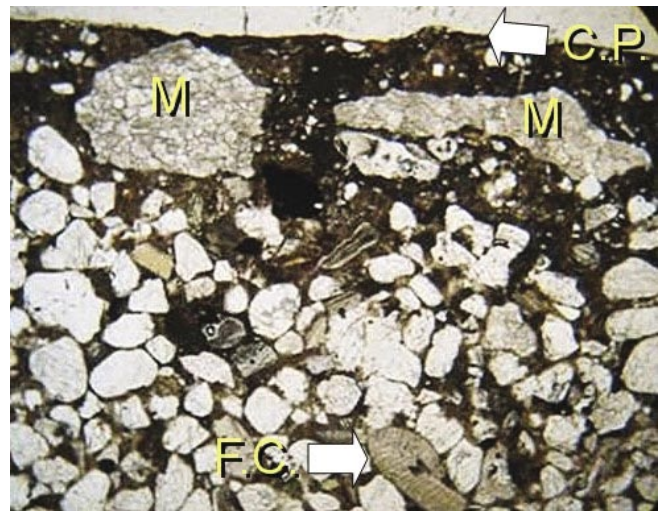


FIG. 6. Sección del *arriccio* mostrando un fragmento de concha (F.C.), del intonaco con dos granos de mármol de grano fino (M) y la capa pictórica (C.P.). Microscopía óptica de luz transmitida y luz polarizada. Ancho de la foto: 3 mm. Muestra PRCA-9.

6 y 7 A); fragmentos de roca, concretamente de una calcarenita (Figura 7 B), posiblemente procedentes de una roca local, una biocalcarenita amarilla, de edad pliocena y con niveles conglomeráticos, que junto con la llamada “roca ostionera”, de mayor tamaño de grano, constituyen parte de los materiales geológicos superficiales, sobre los que se asienta la ciudad de Cádiz (Domínguez-Bella, 2003).

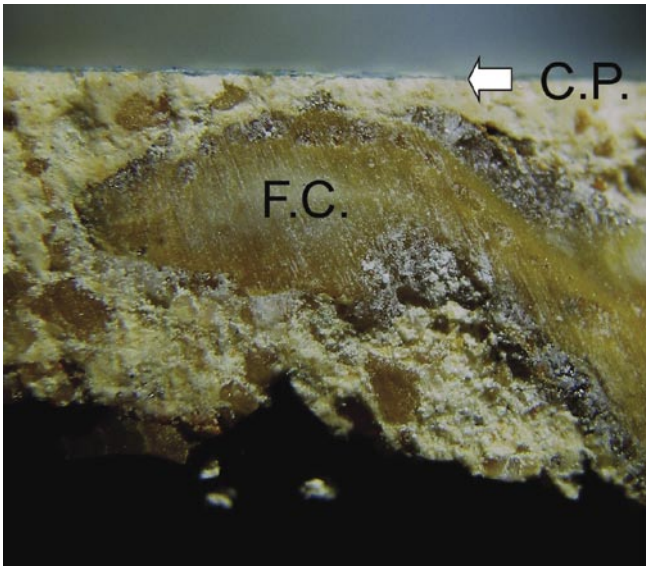
La proporción de la matriz de cal en relación con los elementos detríticos de los áridos empleados, estaría en torno a 1/5 en el *arriccio*; mientras que sube considerablemente cuando se trata del *intonaco* (Figuras 5 y 6), tal y como ocurre normalmente en los estucos romanos. Aparecen ocasionalmente pequeños fragmentos de cal, procedentes de la mezcla original de cal y áridos (Adam, 2002).

Se han identificado algunos de los minerales pesados presentes en los enlucidos, donde aparecen granos de minerales pesados tales como la epidota, el granate, turmalina y rutilo, junto con piroxenos y óxidos, que son plenamente coincidentes con los presentes en las arenas cuaternarias de dunas y playas de la ciudad de Cádiz, al igual que en las biocalcarenitas de los afloramientos de Santa María del Mar, lo que nos indicaría una procedencia local de los áridos usados en la elaboración de los enlucidos.

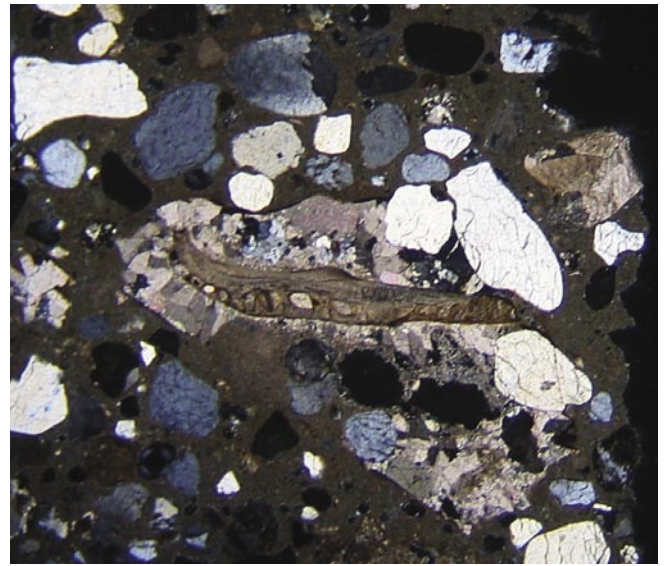
Ambos aspectos composicionales, unidos al tamaño medio de los granos y su morfología y caracteres texturales, indican con claridad que la materia prima fundamental en la elaboración de los estucados de estas pinturas murales, fue además de la cal, la arena de playa o arenas procedentes de la erosión o molienda de estas calcarenitas amarillas terciarias, por lo que sin duda, tuvieron una procedencia local.

Además de los componentes ya citados en las capas de enlucido, aparecen granos policristalinos de cuarzo (Figura 8 A), con un origen metamórfico, granos de cuarzo de grano fino, que quizás sean fragmentos de cuarcita y grandes granos irregulares, que pueden ser simples grumos de la cal usada como aglomerante en el enlucido.

En relación con la composición de los morteros, en ciudades romanas como Itálica (Sevilla) y Baelo (Cádiz), (García Ramos *et al.*, 1976 y García Ramos *et al.*, 1977-78) mencionan que dichos morteros se componían principalmente de cuarzo y calcita,



A



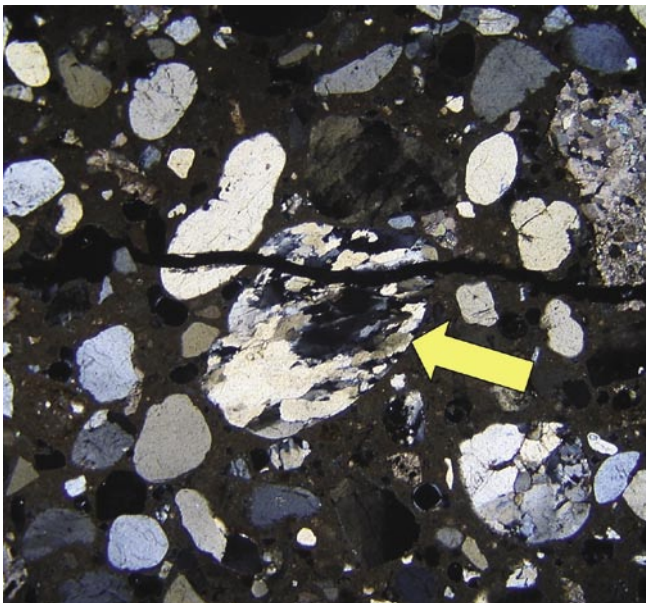
B

FIG. 7 A. Sección del intonaco mostrando un gran fragmento de concha (F.C.) y la capa pictórica (C.P.) de color azul. Vista con Estereomicroscopio.

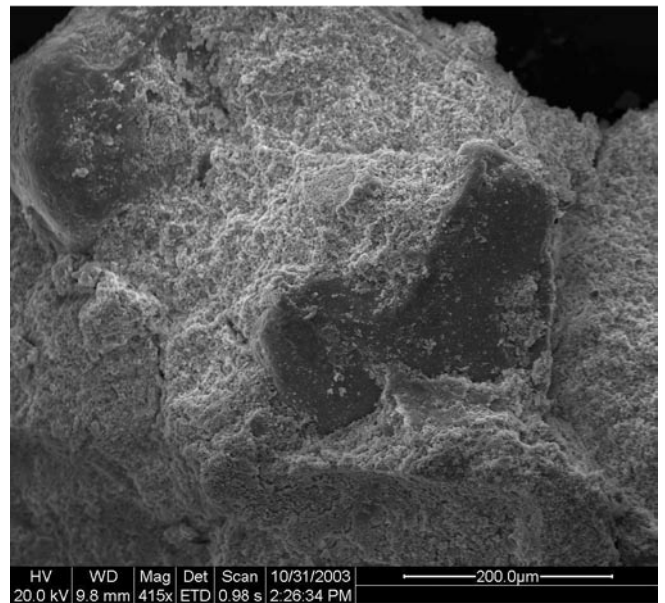
Ancho de la foto: 3 mm. Muestra PRCA-7.

FIG. 7 B. Sección del arriccio, mostrando fragmentos de moluscos, con granos redondeados a subangulosos de cuarzo y de roca, posiblemente un gran fragmento de biocalcarenita, con cemento esparítico, bioclastos de moluscos y granos redondeados de cuarzo mono y policristalino. Microscopía óptica con luz doblemente polarizada.

Ancho de la imagen = 2 mm.



A



B

Figura 8 A.- Sección del intonaco mostrando un gran grano de cuarzo policristalino, posiblemente de una roca metamorfizada, procedente de los arrastres fluviales del Guadalquivir-Guadalete. Muestra PRCA-8.

Figura 8 B.- Imagen de MEB, de dos granos redondeados a subangulosos de cuarzo, embutidos en la matriz carbonatada. Sección del arriccio del estuco de la muestra PRCA-1.

además de otros minerales procedentes de las arenas usadas y en la capa de preparación para la pintura aparece gran cantidad de polvo de rocas carbonatadas, además de yeso cristalizado en las de Itálica y no así en Baelo.

La observación de estos mismos enlucidos, muestra los granos mayoritarios de cuarzo, generalmente redondeados o subredondeados, empastados en la masa de cal (Figura 8 B).

Se ha detectado la presencia de yeso en dos muestras de la capa pictórica estudiadas, en concreto asociado a pigmentos de color rojo bermellón (PRCA-4) y de color rojo (PRCA-3). Su posible origen o papel tecnológico, aun no están claros en este contexto, ya que contradicen algunas de las ideas expuestas por otros autores como Abad Casal en las pinturas murales de Itálica (1979).

CONCLUSIONES

Después de la realización de este estudio de materiales, podemos ya conocer cuales fueron las materias primas utilizadas por los artesanos que prepararon las paredes de estos edificios romanos y posteriormente decoraron con pintura mural las mismas.

El enlucido de las paredes de estas estancias decoradas con frescos, se realizó posiblemente a partir de la clásica mezcla de arena y cal, en proporción 3:1.

La arena empleada, ha tenido casi con total seguridad, una procedencia local, tal y como se desprende de sus características mineralógicas en cuanto a componentes mayoritarios y minerales pesados de las mismas.

Las morfologías y texturas de los granos mayoritarios de cuarzo, el contenido y los restos bioclásticos presentes en los enlucidos, atestiguan también esta procedencia.

La ejecución del enlucido y posteriormente del estucado, no corresponde exactamente con los cánones clásicos dados por Vitruvio en su libro de Arquitectura, ni tampoco con los dados por Plinio el Viejo, dado que normalmente solo se presenta una o como máximo dos capas de *arriccio* y una capa de *intonaco*, cosa por lo demás, habitual en todo el Imperio. En la capa o capas de *arriccio*, más próximas al muro, aparecen las granulometrías de mayor tamaño, con fragmentos de roca de hasta 4 mm de diámetro y gran heterogeneidad composicional. En la capa de *intonaco*, en el caso de que aparezca, aparecen en algunas ocasiones fragmentos de mármol blanco de grano fino (Figura 6), junto con otros componentes minerales tales como el cuarzo y los bioclastos carbonatados.

En dos de los casos analizados y coincidiendo con la presencia del color rojo en la capa pictórica, se detecta la presencia de yeso en dicha capa o bien en la capa de *intonaco* inmediata.

Se aplica por primera vez en nuestro país, el estudio de minerales pesados en la composición mineralógica de los estucos, para su comparación con los sedimentos del entorno geológico inmediato a la zona del yacimiento arqueológico.

La paleta de colores presente en estas pinturas murales, nos muestra diferentes composiciones minerales y químicas, así como diferentes procedencias. El blanco estaría formado básicamente por carbonato cálcico, es decir una lechada de cal, posteriormente carbonatada; el negro está compuesto mayoritariamente por hollín, con trazas de azul egipcio y tierras verdes; el ocre amarillento esta compuesto de goethita; el ocre rojo por hematites; el rojo bermellón, por cinabrio; el azul por azul egipcio, un compuesto sintetizado por fusión (“frita”) de sílice, calcio y cobre, dando una cuprorivaíta sintética; el verde por “tierras verdes”, en las que hemos identificado dos componentes minerales de carácter micáceo, la celadonita y la clorita; finalmente aparece un color violáceo, que ha resultado ser una mezcla de hematites, granos de azul egipcio y quizás algún otro componente mineral.

Bibliografía

- ABAD CASAL, L. *La pintura romana en Sevilla*. Universidad de Sevilla. 89 pp. 1979.
- ABAD CASAL, L. *La pintura romana en España*. Tomo I. Universidad de Alicante y Universidad de Sevilla. 494 pp. 1982.
- ADAM, J.P. *La construcción romana. Materiales y técnicas*. Editorial de los Oficios, León. 2002.
- ÁLVAREZ, A. “Sobre la localización del Cádiz fenicio”. *Boletín del Museo de Cádiz*, V (1992), pp.17 ss. Cádiz. 1993.
- BARBET, A. L'emploi des couleurs dans la peinture murale romaine antique. In *Pigments et colorants de l'Antiquité et du Moyen Age* (ed. C.N.R.S.), 255-270. Coll. Intern. C.N.R.S., Paris. 1990.

La determinación exacta de la procedencia de algunos de estos pigmentos es una tarea aun pendiente y en la que nos encontramos inmersos, la aplicación de técnicas como los análisis isotópicos y microquímicos, darán información sobre posibles áreas fuente para pigmentos minerales tales como el cinabrio (posiblemente procedente de las minas de Almacén, en Ciudad Real, explotadas por los romanos para obtener este pigmento), o las tierras verdes, con un origen más lejano, que se puede situar, a falta de mas datos, en los clásicos yacimientos de Chipre o los Alpes.

Técnicamente, se trata posiblemente de pinturas al temple, en algunos casos quizás al fresco, especialmente en colores de fondo plano y homogéneo, con retoques en seco. Es bastante probable que en general se tratase de una técnica mixta, con preparación de parte de la pared con un fondo de un color al fresco, retocado a posteriori con nuevos trazos, especialmente líneas y dibujos florales, sobre dicho fondo y con la técnica del temple.

Estilísticamente, las pinturas presentan diseños geométricos y con motivos florales. No se han encontrado fragmentos con presencia de figuras humanas o animales.

Las estimaciones hechas por los excavadores (Gener *et al.*, 2001), indican una construcción de uso doméstico en época Altoimperial, dentro de la Neápolis de Cádiz, promovida por Balbo, datos que serían conformes con el resto de resultados analíticos de nuestras investigaciones. Los fragmentos de estucos con pinturas, habrían sido removidos y usados mucho después como material de relleno. Dicho relleno, ha sido fechado por la presencia de TSC-C, en el siglo III de nuestra era.

AGRADECIMIENTOS

Esta actuación ha sido posible gracias a la ayuda financiera de la Dirección General de Bienes Culturales de la Junta de Andalucía (IDPH/ER). Han colaborado además de forma desinteresada algunos colegas como D. José María Carrascal Rodríguez, en el diseño de la Base de Datos para las Pinturas Romanas de Cádiz (PIROCA).

A D. Juan Miguel Pajuelo, Dña. M^a Eugenia García Pantoja, D. Ángel Muñoz y D. Antonio Álvarez, por sus valiosos comentarios sobre arqueología de Cádiz.

Algunos de los trabajos han sido realizados en los laboratorios del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la UCA. Las analíticas se han realizado en los Servicios Centrales de Ciencia y Tecnología de las Universidades de Cádiz, Huelva y Salamanca.

Nuestro agradecimiento a la Delegación de Cultura de la Junta de Andalucía en Cádiz, por el interés mostrado por nuestro trabajo y el apoyo constante al mismo.

- BEARAT, H. "Chemical and mineralogical analyses of gallo-roman wall painting from Dietikon, Switzerland". *Archaeometry* **38**, 1., 81-95. 1996.
- BEARAT, H. "Quelle est la gamme exacte des pigments romains ? Confrontation des résultats d'analyse et des textes de Vitruve et de Plin". En Bearat, H.; Fuchs, M.; Maggetti, M. y Paunier, D. (eds.) (1997) Roman Wall Painting. Materials, Techniques, Analysis and Conservation. *Proceedings of the International Workshop*. Fribourg, 1996. pp. 11-33. Friburgo, Suiza. 1997.
- BEARAT, H.; FUCHS, M.; MAGGETTI, M. y PAUNIER, D. (eds.) Roman Wall Painting. Materials, Techniques, Analysis and Conservation. *Proceedings of the International Workshop*. Fribourg, 1996. 378 pp. Friburgo, Suiza. 1997.
- BLET, M., GUINEAU, B. y GRATUZE, B. "Analyse d'échantillons de bleu égyptien". Resúmenes del Coloquio «*L'archéométrie dans les pays européens de langue latine*». Perdigueux. pp 92. 1995.
- CISNEROS CUNCHILLOS, M. y LAPUENTE MERCADAL, M. P. "El análisis petrológico de los morteros y su interés arqueológico". En Jiménez Salvador, J.L. (Ed.) *Actas del I Coloquio de Pintura Mural Romana en España*. Ministerio de Cultura. Generalitat Valenciana. pp 75-80. 1992.
- DAMIANI, D.; GLIOZZO, E. MEMMI TURBANTI, I. and SPANGENBERG, J.E. Pigments and plasters discovered in the House of Diana (Cosa, Grosseto, Italy): An integrated study between Art History, Archaeology and Archaeometry". *Archaeometry*, 45. pp. 341-354. Oxford. 2003.
- DELAMARE, F. "Les terres vertes et leur utilisation en peinture murale romaine", *PACT*, 17, 345-373. 1987.
- DOMÍNGUEZ-BELLA, S. (Director y coordinador) "Caracterización mineralógica y petrológica de los materiales arqueológicos de las Construcciones Romanas de Medina Sidonia, Cádiz." *Informe del Proyecto de Investigación OT/85-96*. Universidad de Cádiz / Diputación Provincial de Cádiz. 93 pp. Inédito. 1996.
- DOMÍNGUEZ-BELLA, S. "Análisis textural de granos de cuarzo en estucos de pinturas murales romanas. Determinación de áreas fuente de las materias primas." En Gómez Tubío; Respalda y Pardo (Eds.) *III Congreso Nacional de Arqueometría*. Universidad de Sevilla y Fundación El Monte. 1999. pp. 601-609. Sevilla. 2001.
- DOMÍNGUEZ-BELLA, S. y MORATA CÉSPEDES, D. "Aplicación de las técnicas mineralógicas y petrológicas a la Arqueometría. Estudio de materiales del dolmen de Alberite (Villamartín, Cádiz)". *Zephyrus*, XLVIII. pp: 129-142. Salamanca. 1995.
- DOMÍNGUEZ-BELLA, S.; MORATA, D. y MONTAÑÉS, S. "Caracterización mineralógica de los pigmentos y el estucado de las pinturas murales romanas de Medina Sidonia (Cádiz)." *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, 20-A, pp 147-148. Madrid. 1996.
- DOMÍNGUEZ-BELLA, S. and MORATA, D. "Mineralogical and chemical characterization of roman wall painting from Medina-Sidonia, Cádiz, Spain", en *Archaeometry* 98. *Proceedings of the 31st International Symposium on Archaeometry. 1998, Budapest (Hungary)*.(ed. E. Jerem & K.T. Biró), Archaeopress. BAR International Series 1043 (II). pp.715-722, B.A.R./Archaeolingua. Oxford. 2002.
- DOMÍNGUEZ-BELLA, S. "Análisis arqueométrico de las pinturas murales romanas de la c/ Santa María de Cádiz". En *Libro de Resúmenes del Congreso Ibérico de Arqueometría. El Puerto de Santa María. 2003*. pp.15-16. Cádiz. 2003.
- FERRER MORALES, A. *La pintura mural. Su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Sevilla. 224 pp. Sevilla. 1995.
- FIERRO, J.A. Cádiz, la única posibilidad de un Tartessos atlántico. D.P. CA-462-79. Cádiz. 1979.
- FIERRO, J.A. Gadir. La historia de un mito. 293 pp. Cádiz. 1995.
- FUCHS, M. and BEARAT, H. "Analyses physico-chimies et peintures murales romaines a Avenches, Bössingen, Dietikon et Vallon. En Bearat, Fuchs, Maggetti and Paunier (Eds.) *Roman Wall Painting*, Proceedings of the International Workshop on Roman Wall Painting, Fribourg 1996. pp. 181-191. Friburgo. 1997.
- GARCÍA RAMOS, G.; JUSTO ERBEZ, A. y ABAD CASAL, L. "Estudio físico-químico y mineralógico de una serie de pinturas y revestimientos murales de Itálica (Sevilla)". *Archivo Español de Arqueología*. vol. 49 . pp 141 y ss. 1976.
- GARCÍA RAMOS, G.; LINARES LÓPEZ, M. D. y ABAD CASAL, L. "Estudio físico-químico y mineralógico de algunas muestras de pinturas y revestimientos murales de Bolonia (Cádiz)". *Archivo Español de Arqueología*. vol. 50-51 n° 135-138. pp 295-310. 1978.
- GENER, J. M. Memoria de la intervención arqueológica de urgencia en la calle Santa María 17-19 (Cádiz). Investigación realizada dentro del marco del Plan de Rehabilitación del Casco Histórico de Cádiz. Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía. (inédito). 34 pp. 2001.
- GUTIÉRREZ MÁZ, J. M.; MARTÍN ALGARRA, A.; DOMÍNGUEZ-BELLA, S; y MORAL CARDONA, J. P. Introducción a la geología de la provincia de Cádiz. Servicio de Publicaciones, Universidad de Cádiz, 315 pp. (+ 1 mapa geológico provincial). 1991.
- HAFNER, K. "Experiments on the reconstruction of the roman wall painting technique." En Bearat, Fuchs, Maggetti and Paunier (Eds.) *Roman Wall Painting*, Proceedings of the International Workshop on Roman Wall Painting, Friburgo. 1997.
- HERRERO, N. Los productos arqueológicos de "La Caleta" (Cádiz). Servicio Publicaciones Universidad de Cádiz. Fundación Municipal de Cultura, Ayuntamiento de Cádiz. 203 pp. 2002.
- HERZ, N. y GARRISON, E.G. Geological Methods for Archaeology. 343 pp. Oxford University Press. Oxford. 1998.
- JIMÉNEZ SALVADOR, J.L. (Ed.) I Coloquio de Pintura Mural Romana en España. Libro de Actas. Valencia. 1992.
- KAKOULLI, I. "A technological investigation of Hellenistic and Roman Egyptian Blue". *Proceedings del 32st International Symposium on Archaeometry*. México D.F. 2000. Libro electrónico. Universidad Nacional Autónoma de México. 2001.
- MORENO, M. A.; DE LUXAN, M. P. y DORREGO, F. "The conservation and scientific investigations of the wall paintings in the roman therms, Campo Valdés, Gijón, Spain". En Bearat, Fuchs, Maggetti and Paunier (Eds.) *Roman Wall Painting*, Proceedings of the International Workshop on Roman Wall Painting, Fribourg (1996). pp. 297-305. 1997.