



**ANÁLISIS CIENTÍFICO DE VESTIGIOS ARQUEOLÓGICOS
DE LA MADRASA AL-YADIDA**

CEUTA

25 de abril de 2014



Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE



ÍNDICE

I. ESTUDIO DE CAPAS PICTÓRICAS DE LAS MADERAS Y MÁRMOLES POLICROMADOS.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. MATERIAL Y MÉTODO.....	4
3. RESULTADOS.....	6
4. CONCLUSIONES.....	22
5. BIBLIOGRAFÍA.....	24
II. ESTUDIO ARQUEOMÉTRICO DE LOS MÁRMOLES.....	25
1. INTRODUCCIÓN.....	25
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	26
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4. CONCLUSIONES.....	37
5. BIBLIOGRAFÍA.....	38
III. IDENTIFICACIÓN DE MADERA.....	39
1. INTRODUCCIÓN.....	39
2. MATERIAL Y MÉTODO.....	39
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4. CONCLUSIONES.....	44
IV. ESTUDIO DE BIODETERIORO.....	52
1. INTRODUCCIÓN.....	52
2. MATERIAL Y MÉTODO.....	52
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4. CONCLUSIONES.....	59
EQUIPO TÉCNICO.....	60

I. ESTUDIO DE CAPAS PICTÓRICAS DE LAS MADERAS Y MÁRMOLES POLICROMADOS

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la investigación que actualmente se está llevando a cabo sobre los restos arqueológicos conservados de la Madrasa Al-Yadida, se solicitó, al Laboratorio de Química del IAPH, el análisis de la policromía encontrada sobre algunos elementos de mármol así como en la decoración de diferentes elementos de madera (alfarjes y aliceres).

Tras la inspección visual de los diferentes restos arqueológicos que presentaban decoración polícroma, se procedió a la extracción de las muestras de pintura. Para ello se realizó, previamente, una selección de las mismas con el fin de analizar todos los colores presentes tanto en la policromía de alfarjes y aliceres como en la de los capiteles de las columnas de mármol.





La extracción de muestras se realizó, con ayuda de un bisturí, aprovechando siempre daños o lagunas de la policromía. En la elección de los puntos de muestreo se intentó compaginar el hecho de la representatividad de la muestra con su situación en lugar no estratégico. Para la realización del estudio se han extraído una muestra de cada color representativo presente. En total se han tomado nueve micromuestras: siete correspondientes a la decoración de las maderas (Tabla I) y dos a la de los mármoles (Tabla II).

Para la realización del estudio estratigráfico de capas pictóricas, los pequeños fragmentos de pintura se han embutido en una resina de metacrilato y se han desbastado y pulido perpendicularmente hasta obtener la sección transversal (estratigrafía). En estas secciones se han analizado las diferentes capas pictóricas e identificado los materiales presentes. El estudio de los aglutinantes se ha realizado mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) y espectroscopia infrarroja.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Localización y descripción de las muestras

Tabla 1. Localización y descripción de las muestras de maderas polícromas.

Nº de muestra	Localización	Imagen extracción
MAD-1	Rojo y negro, borde de la flor. Alicer nº 7906.	
MAD-2	Rojo anaranjado. Imprimación ¿general? Alicer nº 7906.	
MAD-3	Azul oscuro. Alicer nº 7906.	
MAD-4	Azul oscuro, con imprimación roja debajo. Alicer nº 7906.	





MAD-5	Rojo. Alicer 7906.	
MAD-6	Blanco verdoso. Parte baja de la piña. Dintel 7905.	
MAD-8	Amarillo dorado. Alicer nº 7901.	

Tabla 2. Localización y descripción de las muestras de mármoles policromados.

Nº de muestra	Localización	Imagen extracción
MAD-7	Verde. Mármol policromado. Capitel 7852.	

MAD-9	Marrón. Mármol policromado. Capitel 3715.	
--------------	---	--

2.2. Métodos de análisis

- Examen preliminar con el microscopio estereoscópico.
- Observación al microscopio óptico con luz reflejada de las estratigrafías, con el fin de determinar la secuencia de estratos así como el espesor de los mismos.
- Estudio al microscopio electrónico de barrido (SEM) y microanálisis elemental mediante energía dispersiva de Rayos X (EDX) de las estratigrafías, para la determinación de la composición elemental de los pigmentos y cargas.
- Difracción de Rayos X (DRX), por el método en polvo, para la determinación de la composición mineralógica de algunos pigmentos inorgánicos.
- Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) para la determinación de los aglutinantes.

3. RESULTADOS

Los resultados experimentales obtenidos en el análisis de las distintas muestras son descritos a continuación. En el caso de las estratigrafías el orden de capas indicado es siempre desde el interior hacia el exterior de las mismas. Los colores observados al microscopio óptico, en las estratigrafías, pueden diferir de los colores observados macroscópicamente.

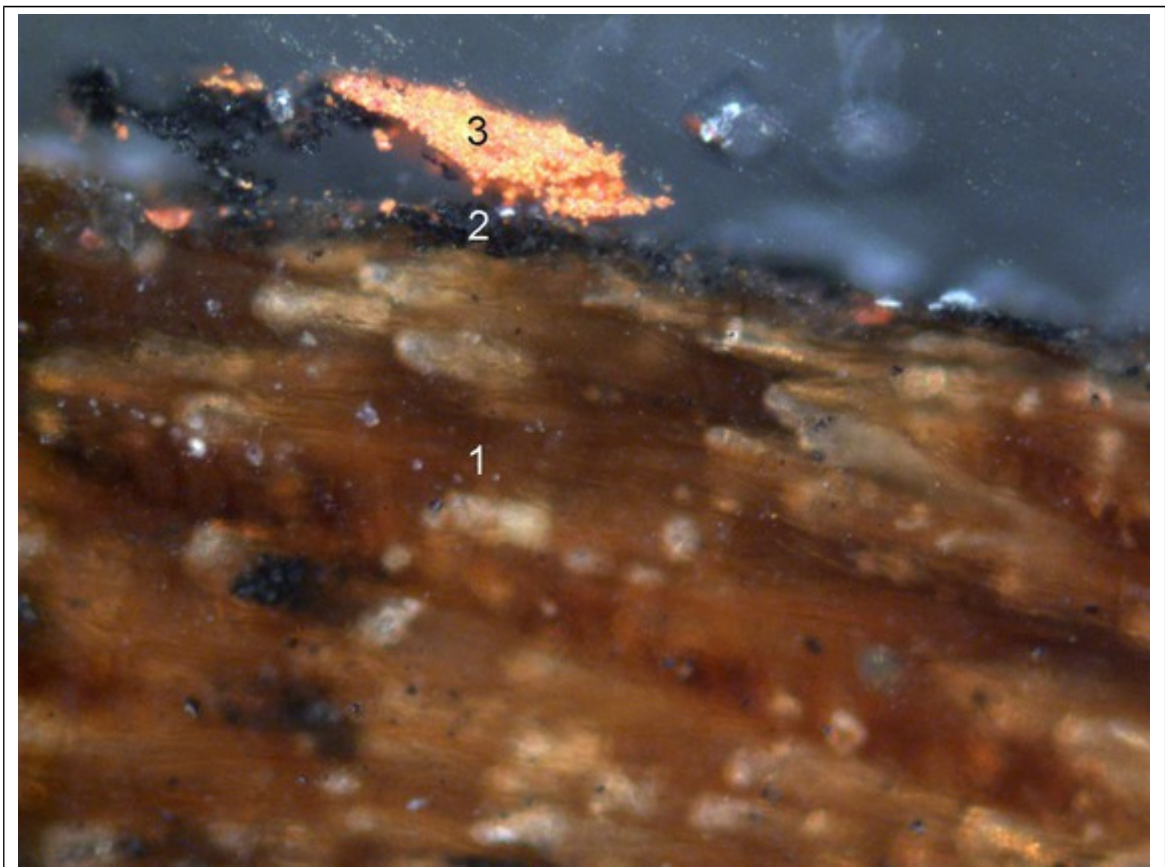


Figura 1. Estratigrafía de la muestra.

Muestra: MAD-1

Aumentos: 200X

Descripción: Rojo y negro, borde de la flor. Alicer nº 7906.

ESTRATIGRAFÍA (de abajo hacia arriba):

1) Resto de madera del soporte.

2) Capa de color negro compuesta por negro de huesos, blanco de plomo, carbonato cálcico y trazas de tierras. Su espesor oscila entre 5 y 15 μm .

3) Capa de color rojo compuesta por bermellón y trazas de carbonato cálcico. Su espesor oscila entre 5 y 35 μm .



Figura 2. Imagen al microscopio electrónico de barrido, con detector de electrones restrodispersados, de la muestra MAD-2.

Muestra: MAD-2. Capa de color rojo, ¿imprimación?

De la muestra MAD-2 no se ha preparado la estratigrafía. Al tratarse de una única capa, se ha considerado preferible su estudio al microscopio electrónico de barrido, directamente, sin preparación previa.

El análisis por energía dispersiva de Rayos X de la muestra revela que está constituida por bermellón.

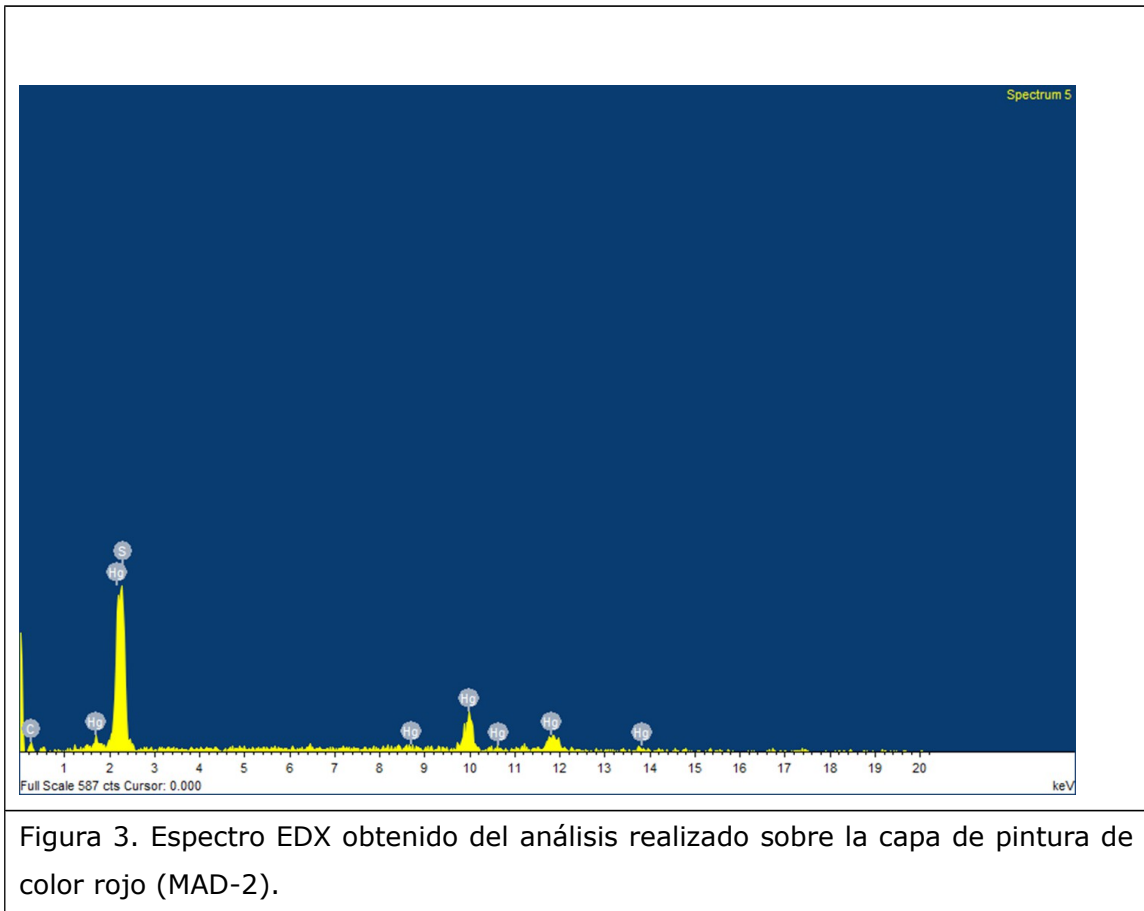


Figura 3. Espectro EDX obtenido del análisis realizado sobre la capa de pintura de color rojo (MAD-2).

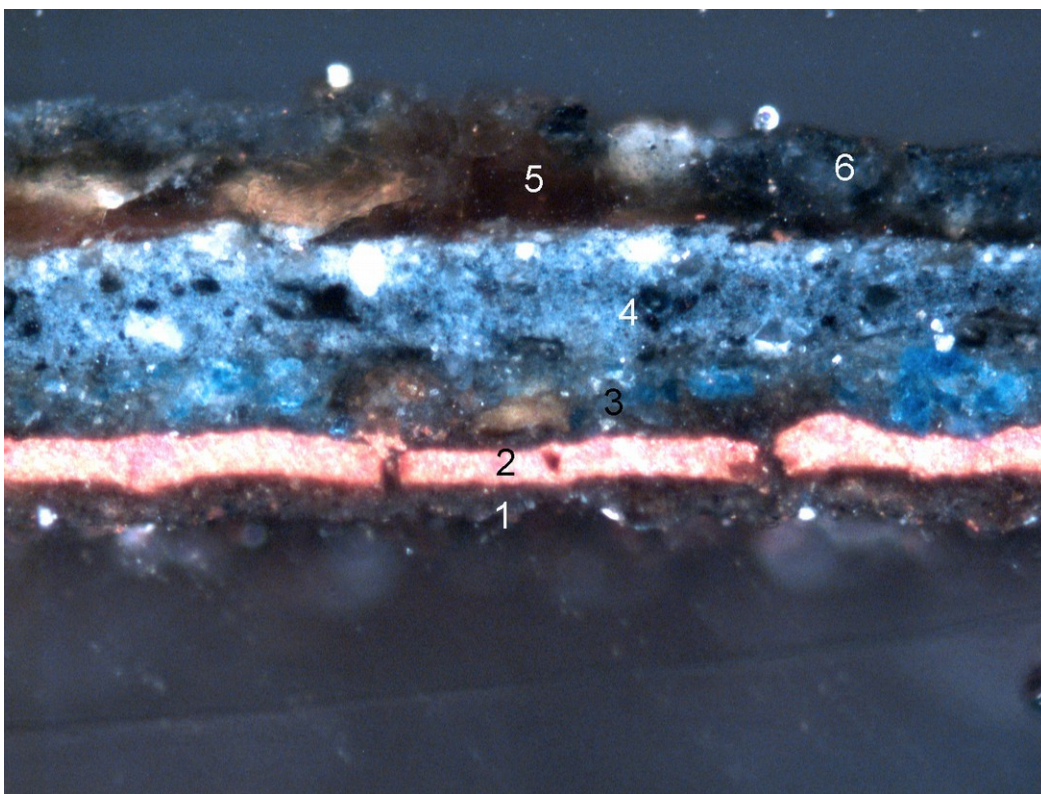


Figura 4. Estratigrafía de la muestra.

Muestra: MAD-3

Aumentos: 200X

Descripción: Azul oscuro. Alicer nº 7906.

ESTRATIGRAFÍA (de abajo hacia arriba):

1) Capa de imprimación oscura compuesta por blanco de plomo, carbonato cálcico y trazas de tierras, azurita y negro de huesos. Tiene un espesor superior a 25 μm .

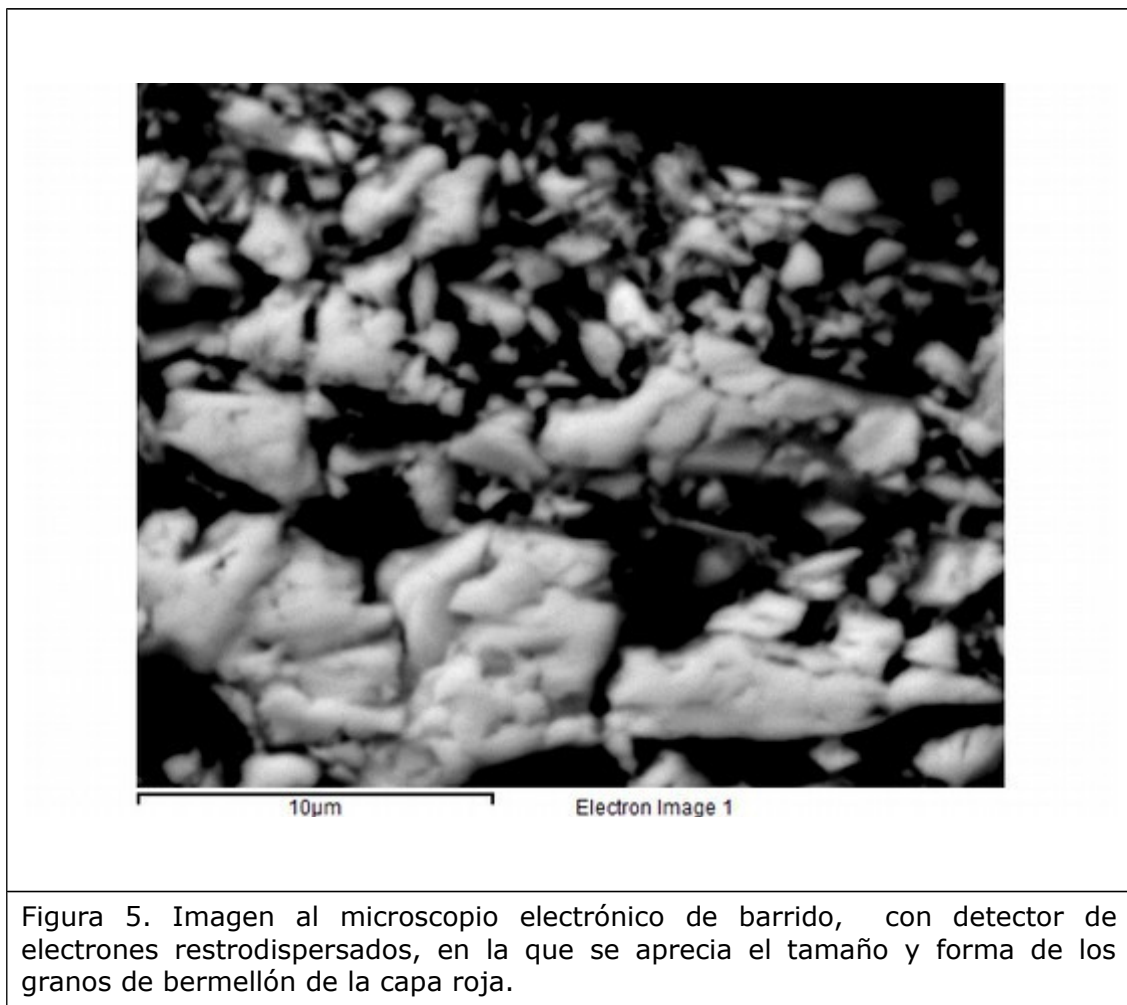
2) Capa de color rojo compuesta por bermellón y trazas de carbonato cálcico. Su espesor oscila entre 15 y 20 μm .

3) Capa de color azul compuesta por azurita, blanco de plomo, carbonato cálcico y tierras. Su espesor oscila entre 30 y 45 μm .

4) Capa de color azul compuesta por blanco de plomo, azurita, carbonato cálcico, negro de huesos y trazas de tierras. Su espesor oscila entre 50 y 65 μm .

5) Capa parda, discontinua, de naturaleza orgánica. Su espesor oscila entre 0 y 45 μ .

6) Capa de color azul compuesta por blanco de plomo, azurita, carbonato cálcico, negro de huesos y trazas de tierras. Su espesor oscila entre 25 y 30 μ .



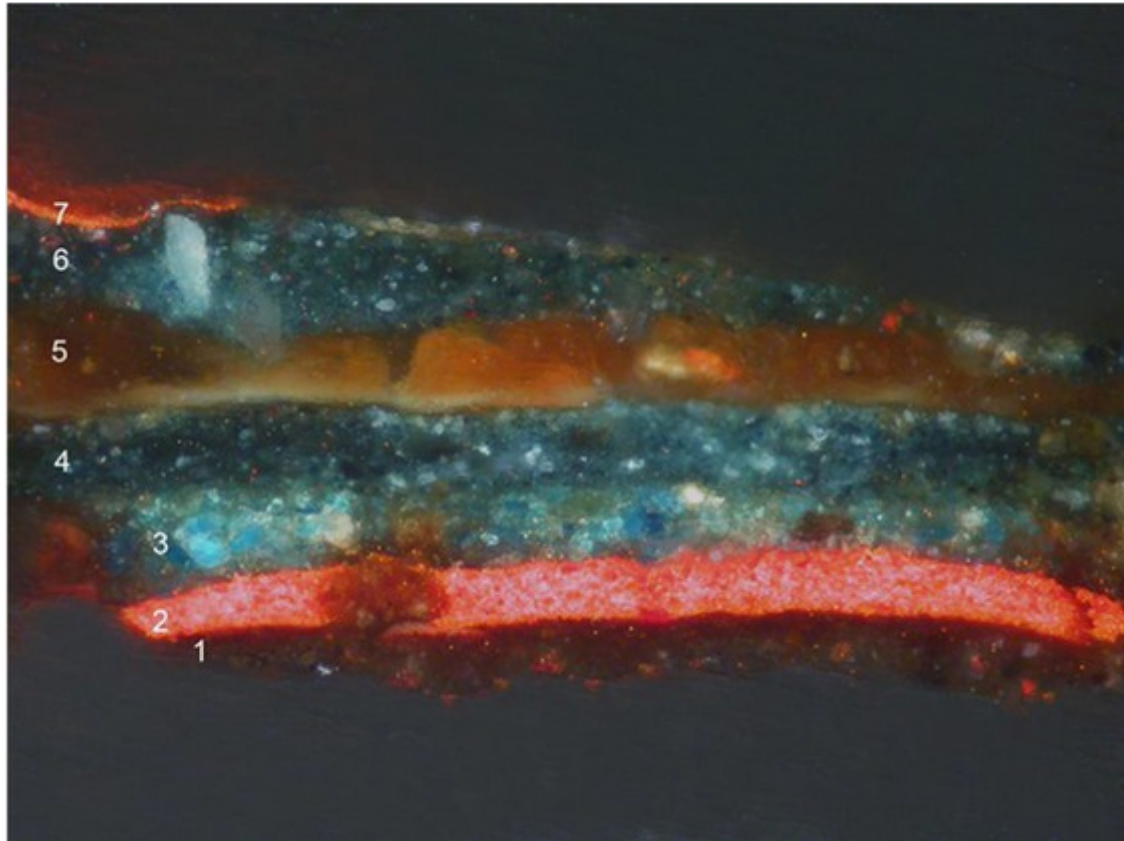


Figura 6. Estratigrafía de la muestra.

Muestra: MAD-4

Aumentos: 200X

Descripción: Azul oscuro, con capa roja debajo. Alicer nº 7906.

ESTRATIGRAFÍA (de abajo hacia arriba):

- 1) Capa de imprimación oscura compuesta por blanco de plomo, carbonato cálcico y trazas de tierras, azurita y negro de huesos. Tiene un espesor superior a 10 μm .
- 2) Capa de color rojo compuesta por bermellón y trazas de carbonato cálcico. Su espesor oscila entre 15 y 20 μm .
- 3) Capa de color azul compuesta por azurita, blanco de plomo, carbonato cálcico

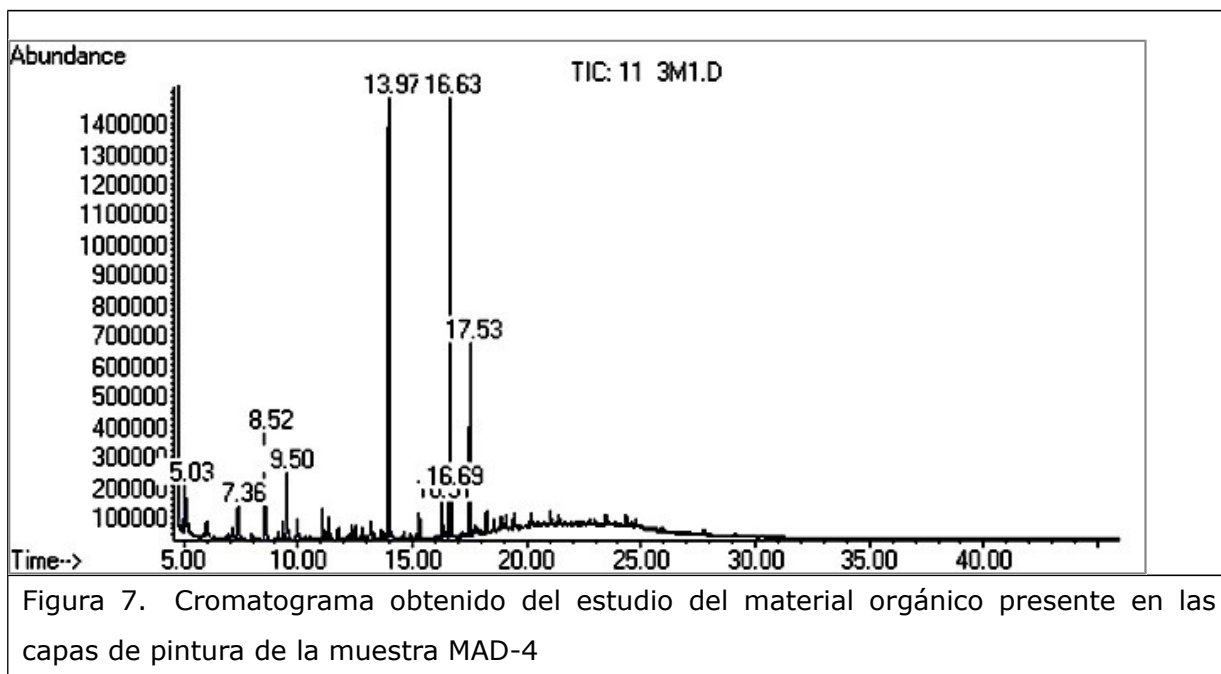
y tierras. Su espesor oscila entre 30 y 40 μm .

4) Capa de color azul compuesta por blanco de plomo, azurita, carbonato cálcico, negro de huesos y trazas de tierras. Su espesor oscila entre 40 y 45 μm .

5) Capa parda, de naturaleza orgánica. Su espesor oscila entre 20 y 35 μm .

6) Capa de color azul compuesta por blanco de plomo, tierras, azurita, carbonato cálcico y negro de huesos. Su espesor oscila entre 25 y 40 μm .

7) Capa discontinua de color rojo compuesta por bermellón, blanco de plomo, carbonato cálcico y negro de huesos. Tiene un espesor inferior a 5 μm .



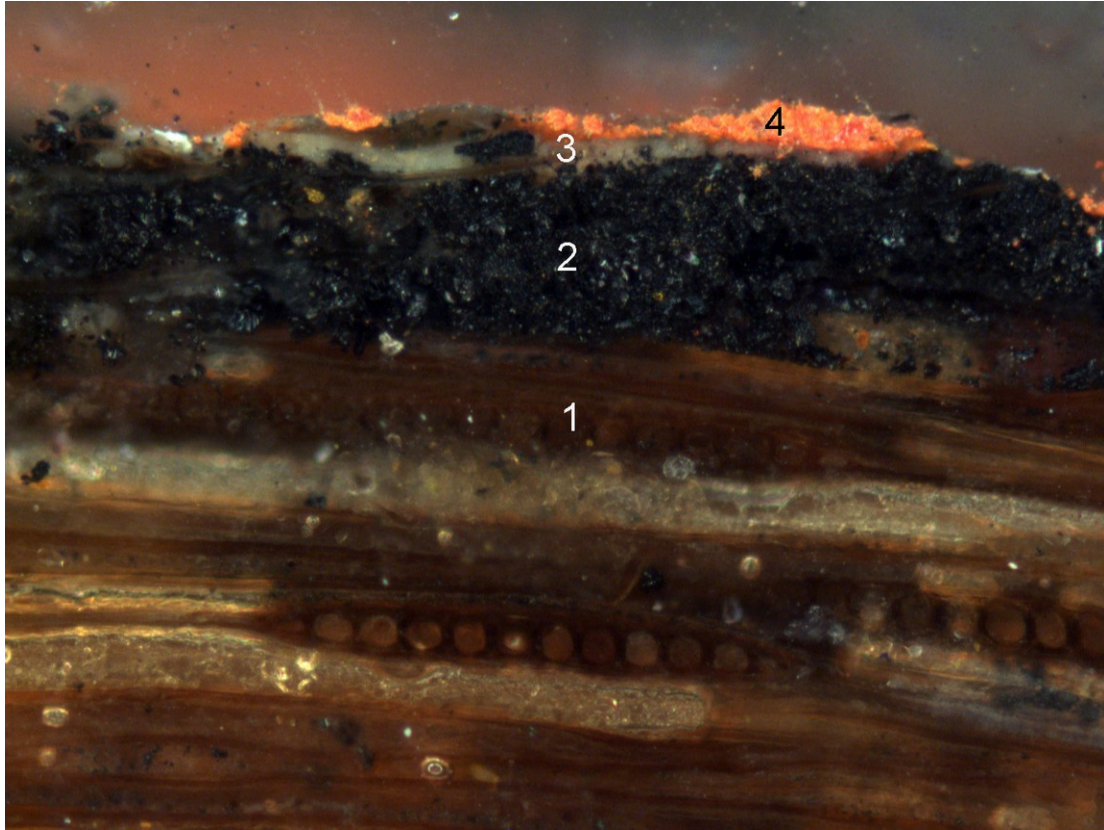


Figura 8. Estratigrafía de la muestra.

Muestra: MAD-5

Aumentos: 200X

Descripción: Rojo. Alicer 7906.

ESTRATIGRAFÍA (de abajo hacia arriba):

1) Resto de madera del soporte.

2) Capa de color oscuro compuesta por negro de huesos, blanco de plomo y carbonato cálcico. Su espesor oscila entre 100 y 125 μm .

3) Capa de color blanco compuesta por blanco de plomo y trazas de oropimente y negro de huesos. Su espesor oscila entre 10 y 35 μm .

4) Capa de color rojo compuesta bermellón y trazas de carbonato cálcico. Su espesor oscila entre 15 y 20 μm .

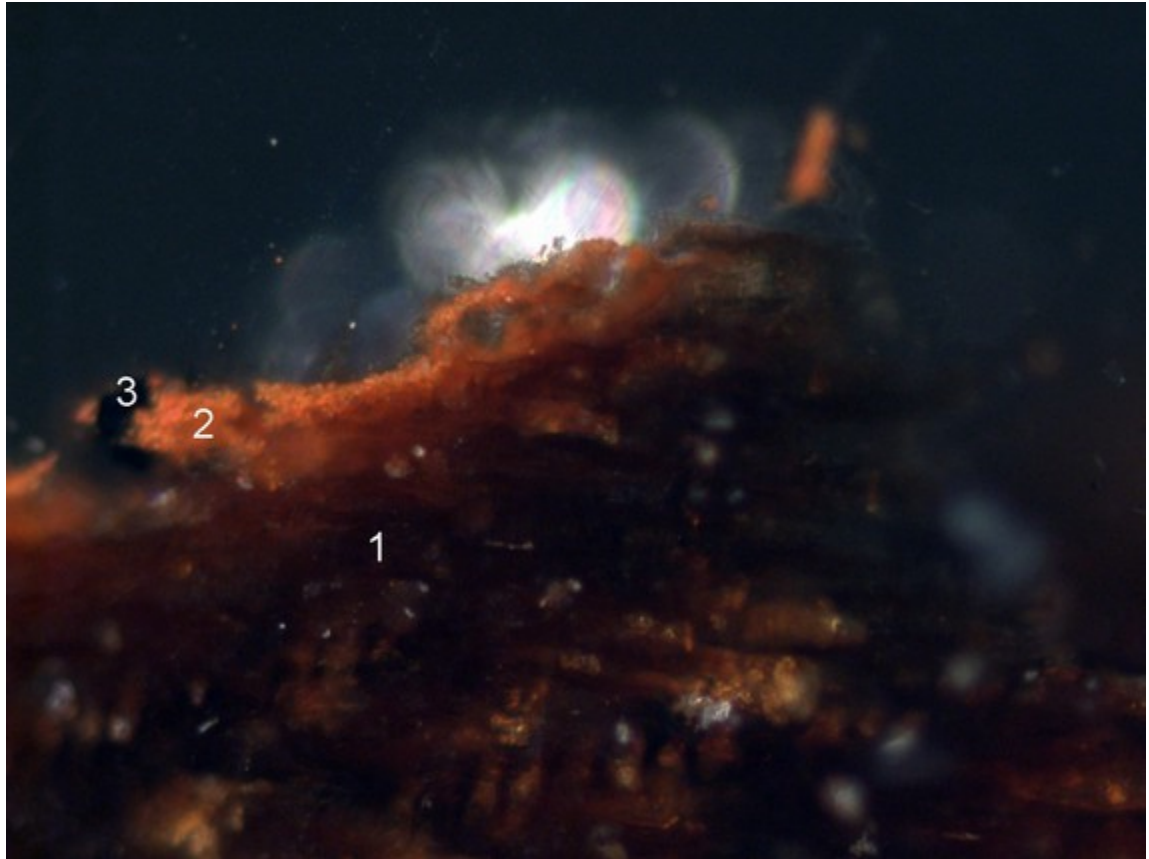


Figura 9. Estratigrafía de la muestra.

Muestra: MAD-6

Aumentos: 200X

Descripción: Blanco verdoso. Parte baja de la piña. Dintel 7905.

ESTRATIGRAFÍA (de abajo hacia arriba):

- 1) Resto de madera del soporte.
- 2) Capa de color rojo compuesta bermellón y trazas de carbonato cálcico. Su espesor oscila entre 10 y 25 μm .
- 3) Capa discontinua de color ¿azul oscuro? compuesta por blanco de plomo, negro de huesos, azurita y tierras. Su espesor oscila entre 0 y 10 μm .

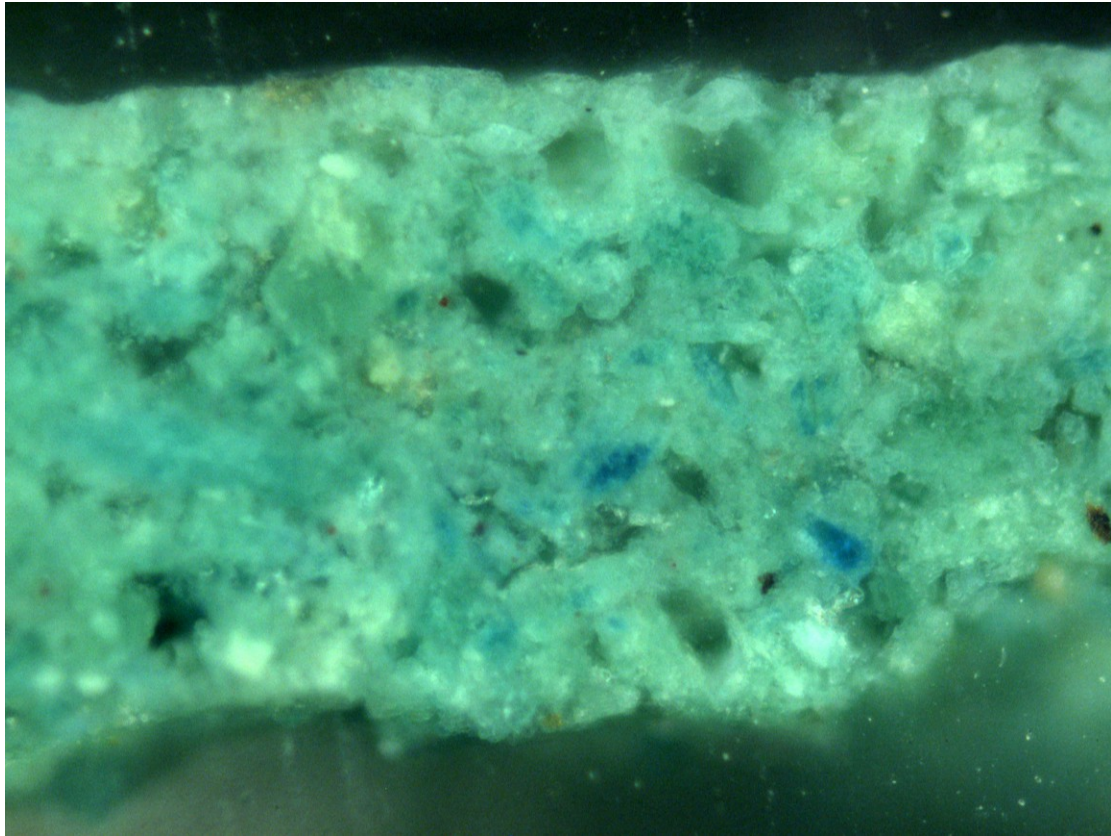


Figura 10. Estratigrafía de la muestra.

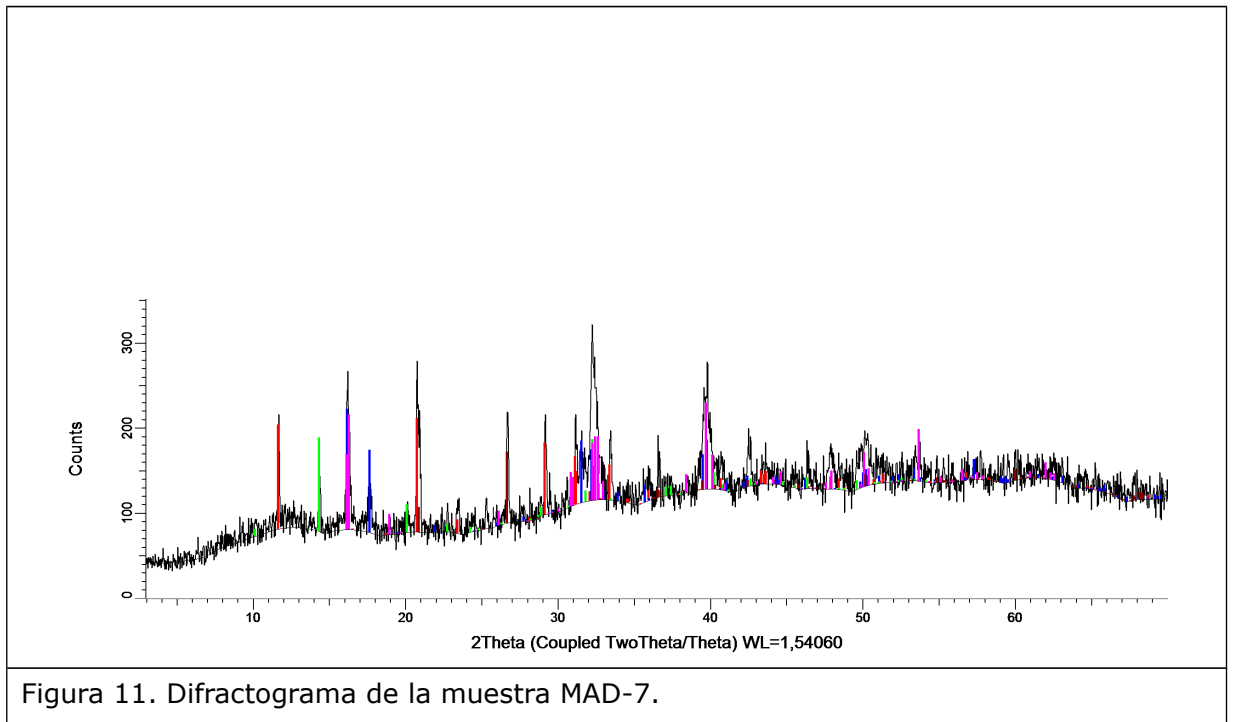
Muestra: MAD-7

Aumentos: 200X

Descripción: Verde. Mármol policromado. Capitel 7852.

ESTRATIGRAFÍA (de abajo hacia arriba):

1) Capa de color verde compuesta atacamita, paratacamita, yeso, oxalato cálcico y, probablemente, azurita (al estar en tan baja proporción no ha sido posible su identificación por DRX).



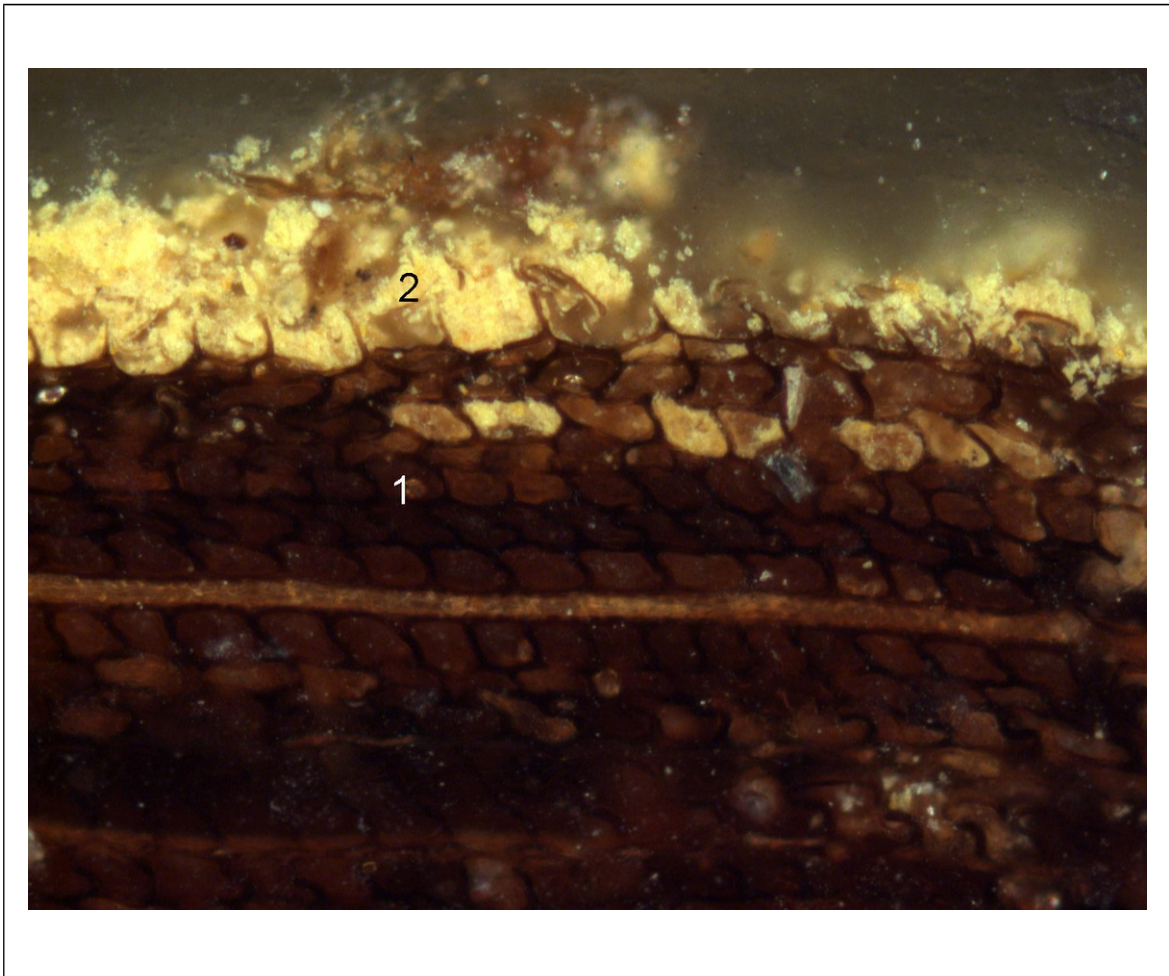


Figura 12. Estratigrafía de la muestra.

Muestra: MAD-8

Aumentos: 200X

Descripción: Amarillo dorado. Alicer nº 7901.

ESTRATIGRAFÍA (de abajo hacia arriba):

1) Resto de madera del soporte.

2) Capa de color amarillo compuesta por oropimente y trazas de bermellón. Su espesor oscila entre 5 y 40 μm .

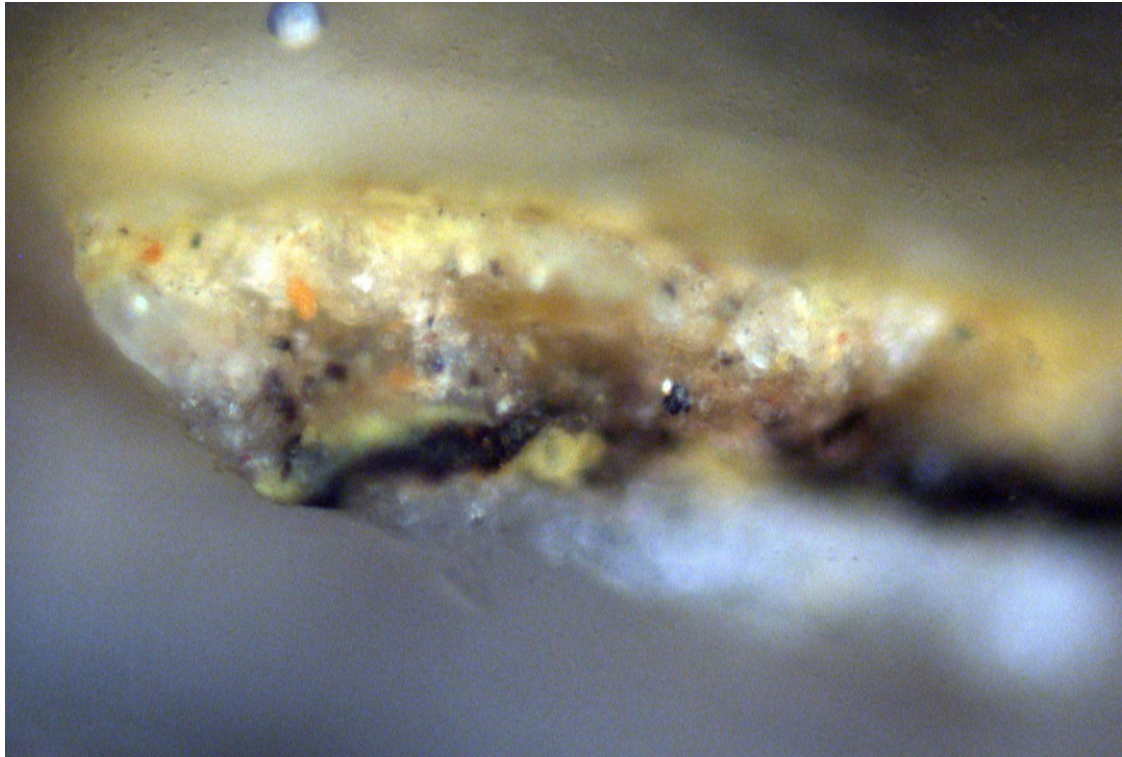


Figura 13. Estratigrafía de la muestra.

Muestra: MAD-9

Aumentos: 200X

Descripción: Marrón. Mármol policromado. Capitel 3715.

La observación al microscopio óptico de la muestra revela la existencia de capas entremezcladas y en distintos planos de enfoque. Por ello, una vez realizado el estudio estratigráfico se consideró necesario complementarlo con el análisis de la muestra mediante difracción de Rayos X (DRX). El difractograma de la misma revela la presencia de hidroxapatito de calcio (posiblemente del negro de huesos), silicatos (probablemente del ocre de la policromía) y carbonato cálcico y cuarzo (procedentes, probablemente, del mármol de la columna).

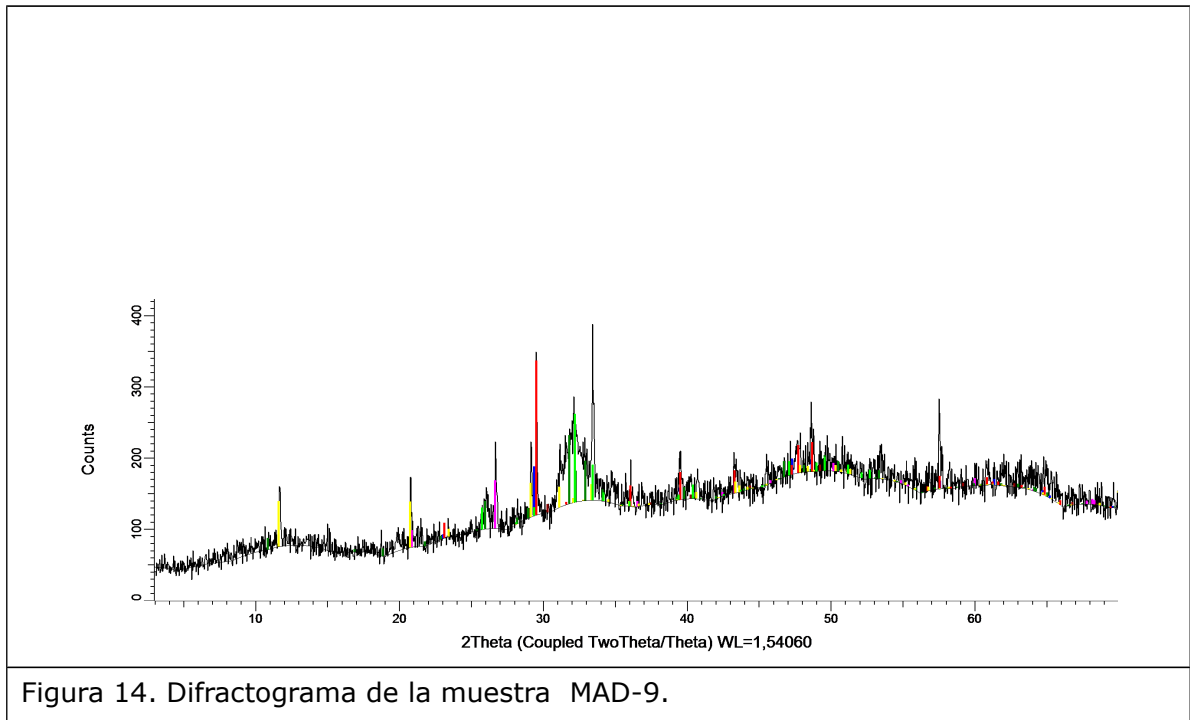


Figura 14. Difractograma de la muestra MAD-9.

4. CONCLUSIONES

Maderas policromadas

En la mayoría de las muestras de policromía analizadas se observa la presencia de una especie de capa de preparación o imprimación, de color oscuro, compuesta por negro de huesos, blanco de plomo, carbonato cálcico y trazas de tierras. Superpuesta a la misma se observa, en algunos casos, una capa de color rojo compuesta por bermellón y trazas de carbonato cálcico (calcita). Algunas de las muestras estudiadas, no obstante, carecen de esta imprimación, encontrándose la capa de color aplicada directamente sobre la madera, como es el caso de la muestra de color amarillo.

Los blancos son de blanco de plomo (albayalde) y presentan trazas de pigmentos como negro de huesos y oropimente (rejalgar). Los rojos están constituidos por bermellón y pequeñas trazas de carbonato cálcico. Los granos de bermellón presentan un tamaño y forma irregular (como puede verse en la Figura 5). Estas características observadas indican que el bermellón empleado posiblemente sea de origen mineral (cinabrio) u obtenidos por el llamado *proceso en seco*. Las tonalidades azules están compuestas por dos estratos de color azul, constituidas ambas por azurita, blanco de plomo, carbonato cálcico y tierras. Los amarillos están compuestos por oropimente y trazas de bermellón.

En cuanto al estudio de los **aglutinantes**, el análisis mediante CG-MS revela que los aglutinantes empleados son todos de naturaleza proteica.

Los pigmentos identificados en la policromía han sido los siguientes:

- Blancos: blanco de plomo carbonato cálcico y sulfato cálcico.
- Rojos: bermellón, tierra roja
- Amarillos: oropimente
- Azules: azurita
- Negros: negro de huesos
- Pardos: Tierras

Mármoles policromos

El análisis por DRX del color verde del capitel 7852 revela la presencia fundamentalmente de atacamita y paratacamita y, en menor proporción, de oxalato cálcico, yeso y, probablemente, azurita.

Las trazas de oxalato cálcico proceden, generalmente, de la degradación oxidativa de materiales orgánicos o de los productos del metabolismo de diversos microorganismos como líquenes o algas.

En cuanto a la atacamita y paratacamita, se trata de diferentes fases del mismo cloruro básico de cobre, $\text{CuCl} \cdot 3 \text{Cu}(\text{OH})_2$. Generalmente se ha considerado que son un producto de la degradación de la azurita que, en determinadas condiciones, se transforma espontáneamente en atacamita y paratacamita (DEI et. al, 1998). Otros autores hablan del uso intencional como pigmento verde de la atacamita (MAIER et. al, 2012).

En cuanto al color ocre encontrado en el capitel 3715 el análisis de la muestra mediante difracción de Rayos X (DRX) revela la presencia de hidroxiapatito de calcio, silicatos. carbonato cálcico y cuarzo.

El hidroxiapatito de calcio, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_{2k}$, procede, probablemente, del negro de huesos. La calcita y cuarzo identificados corresponden, con toda probabilidad, al mármol de la columna. Por último, los aluminosilicatos detectados revelan la presencia de ocre y tierras.

5. BIBLIOGRAFÍA

- DEI, LUIGI, AHLE, ANDREAS, BAGLIONI, PIERO, DINI, DANIELA, FERRONI, ENZO (1998). Green degradation products of azurite in wall paintings: identification and conservation treatment. *Studies in Conservation*, Volume 43, pp 80-88.
- MARTA MAIER; GABRIELA SIRACUSANO; EUGENIA TOMASINI; FERNANDO MARTE; CARLOS RÚA LANDA; NOEMI MASTRANGELO (2012). Si lo quereys ser pentor, pintaldo la mona con so mico. Nuevos estudios sobre la imagen de Nuestra Señora de Copacabana. *Materiality between Art, Science, and Culture in the Viceroyalties (16th-18th centuries)*. 2º Encuentro "Entre paletas y pinceles: técnicas y materiales de la producción artística hispanoamericana". Los Angeles, 2012.
- GÓMEZ, M. L. (2000). La restauración. Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte. Cátedra, Instituto del Patrimonio Histórico Español.
- MATTEINI, M. y MOLES, A. (2001). La química en la restauración. Nerea.
- GIOVANNI MONTAGNA (1993). I pigmenti. Nardini Editore.
- EASTAUGH, N. (2004). *Pigment Compendium*. Elsevier Science & Technology, Butterworth Heinemann.

II. ESTUDIO ARQUEOMÉTRICO DE LOS MÁRMOLES

1. INTRODUCCIÓN

El IAPH ha colaborando con la Consejería de Educación, Cultura y Mujer de la Ciudad Autónoma de Ceuta en la investigación arqueológica que se está llevando a cabo sobre la Madrasa Al- Yadida, localizada en dicha ciudad.

Fue creada en el año 1347 por el sultán Abul-I-Hasan como universidad islámica. Ha tenidos varias funciones, por ejemplo iglesia tras la conquista de la ciudad por las tropas portuguesas, en 1891 se construye sobre la misma unos pabellones militares para finalmente ser demolida en 1891

Actualmente se conservan restos arqueológicos que han sido objeto de una serie de investigaciones a lo largo de los últimos años. Por las descripciones de algunos autores árabes como Al-Ansari, contemporáneo de la conquista portuguesa de la ciudad, conocemos que debió estar decorada con mármoles y revestida con azulejos coloreados. Tras su demolición, algunos restos de la *Madrasa* se depositaron

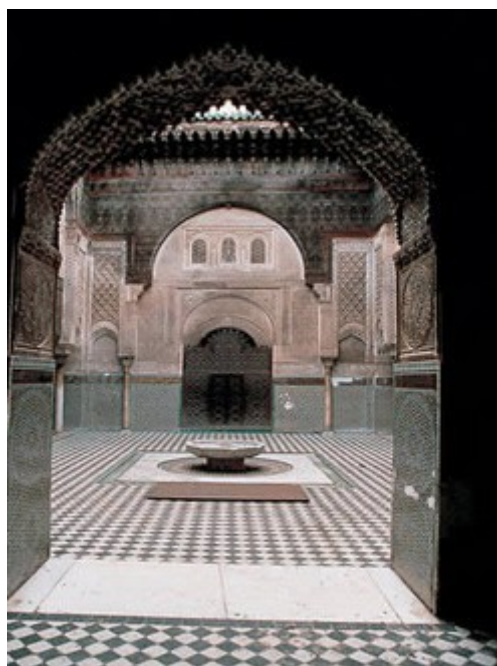


Foto 1. Madrasa Al-Yadida de Ceuta.



Foto 2. Aspecto visual del mármol.

en el Museo Arqueológico de Cádiz, recuperados en la actualidad para la ciudad.

Este trabajo incluye un estudio arqueométrico de los mármoles utilizados como elementos decorativos en el patio abierto, y corresponden a restos de capiteles, basas, collarines y fustes (**Foto 1**).

Para el desarrollo de esta trabajo se ha contado con el apoyo de una litoteca sobre piedra ornamental de amplio uso en las regiones más al sur de la Hispania romana, que

se está elaborado en el IAPH (Laboratorio de Geología) en colaboración con la Universidad de Sevilla, a través de varios Convenios firmados por el Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico y dicha Universidad, en el marco de proyectos de investigación dirigidos por D. José Beltrán Fortés y que está contribuyendo al desarrollo de la base de datos "Arqueodatos".

Como antecedentes decir que estos elementos arquitectónicos, elaborados a partir de mármoles blancos, (**Foto 2**) -donde es frecuente observar vetas verdosas o



Foto 3. Aspecto que presentan los fustes de mármol blanco.

tonalidades rosáceas- se le ha atribuido varias procedencias, Macael y Mijas en base al aspecto visual ya que sobre ellos no se ha llevado a cabo ningún estudio analítico. Estas piezas están combinadas con mármol negro, cuya procedencia no se menciona en ningún texto escrito.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Toma de muestras

Tras la inspección visual realizada sobre los distintos restos conservados, se seleccionaron un total de 11 piezas sobre las que se ha llevado a cabo el análisis arqueométrico (**Foto 3**). Su descripción se indica en la **Tabla I**.

Según la documentación conservada relativa al depósito de las piezas en el museo de Cádiz, se constata la existencia de 33 elementos que se concretan: 5 capiteles, 2 medios capiteles, 2 ábacos mármol negro, 3 ábacos mármol blanco, 10 collarinos, 4 basas mármol negro, 2 fustes completos y 7 fragmentos de fustes.

Del total de las 11 muestras analizadas: 8 piezas corresponden a mármol blanco, que presenta cierta similitud a visu, y tres piezas elaboradas con una piedra de color negro que visualmente tiene aspecto de roca ígnea, probablemente un gabro.

2. Métodos

En este trabajo se comienza caracterizando los distintos materiales pétreos y posteriormente se establece una correlación con las muestras patrón recogidas en Arqueodata (Base de datos sobre canteras romanas del sur de Hispania localizadas en el Sector de Ossa-Morena).

Los datos que se ha cruzado en este estudio arqueométrico son de tipo mineralógico-petrográfico y geoquímico. Corresponden a mármoles pertenecientes a distintas canteras romanas localizadas en el antiguo territorio de la provincia más meridionales de la Hispania romana.

Paralelamente se ha llevado a cabo un estudio geológico regional sobre este amplio sector geográfico, para localizar posibles zonas geológicas a las que atribuir las tipologías pétreas de tonalidades negras o grisáceas, no registradas hasta el momento en "Arqueodata"

Las técnicas utilizadas para la caracterización de las muestras han sido: microscopia óptica de polarización (equipo Leica DMLP, con captura digital de imagen Leica DFC 280; IAPH), difracción de rayos X (equipo difractómetro D8I-90, método polvo, Citius Universidad de Sevilla), fluorescencia de rayos X (equipo Panalitical, modelo Axios, Citius, Universidad de Sevilla) y SEM-EDX Jeol, IAPH.

Tabla I. Descripción de muestras

Descripción	Observación a visu
<p>M-CET 1: Capitel de mármol blanco. Ref: 7851.</p>	
<p>M-CET 2. Basa de mármol negro. Ref: 7869.</p>	

<p>M-CET 6 Collarín con epigrafía blanco. Ref: 7860</p>	
<p>M-CET 5. Ref: 7863 Collarín liso blanco.</p>	
<p>M-CET 4. Ref:7852 . Capitel blanco.</p>	
<p>M-CET 3. Capitel de mármol blanco. Ref: 3715.</p>	

<p>M-CET 11. Basa Negra. Ref:7873. Basa reutilizada negra.</p>	
<p>M-CET 10.</p>	
<p>M-CET-9. Ábaco. Ref:871</p>	
<p>M-CET 8. Columnas. Fuste grueso. Ref: 7880</p>	
<p>M-CET 7. Columnas. Fuste delgado.</p>	

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Resultados

El estudio petrográfico realizado sobre las distintas piezas ha permitido diferenciar básicamente dos litotipos pétreos que se diferencian ya visualmente por su color, y que corresponde, en base a criterios geológicos, a dos tipos: rocas metamórficas (color blanco) y rocas ígneas (color negro-grisáceo). Esto indica que se ha empleado un mismo tipo de mármol blanco y negro para los distintos elementos arquitectónicos decorativos.

A continuación se describen texturalmente las dos variedades combinando datos petrográficos, mineralógicos (DRX-SEM) y geoquímicos (EDX-SEM).

Tipo 1: Corresponden a rocas metamórficas de color blanco de tamaño de grano variable predominando el tamaño medio.

Descripción petrográfica: Se trata de un mármol calcítico de textura heteroblástica creciendo en mosaico. Presentan contactos de granos rectos y semirectos con desarrollo de puntos tiples. El tamaño de los granos es muy variable que va de 0.1-0.5-1-1.2 mm y excepcionalmente 2 mm. Como minerales accesorios se observan blastos de micas alteradas a clorita con cierta orientación.

En base a datos de difracción de rayos X y observaciones al SEM-EDX se puede confirmar que se trata de un mármol calcítico muy puro que se pone de manifiesto por la casi ausencia de otros minerales que no sea calcita. Se han detectado cantidades trazas de Mg^{++} localizados en los bordes de grano de la calcita y en las microfisuras (**Foto 4**).

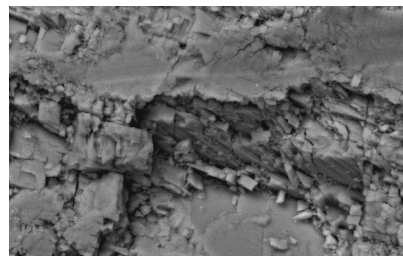


Foto 4. Microfisuración observada en la calcita con enriquecimiento de Mg^{++} .

El estudio llevado a cabo sobre las 8 muestras del mismo tipo resulta de interés, para este caso concreto, por dos razones:

- En volumen reducido de muestras que es posible extraer de una pieza arqueológica siempre es limitado ($<1cm^2$). Habitualmente los afloramientos marmóreos presentan cierta heterogeneidad tanto a nivel macroscópico como microscópico, por lo que un volumen de $1cm^2$ de muestra a veces no es suficiente para su identificación.

- En este caso concreto al analizar 8 muestras de un mismo tipo se ha podido apreciar ampliamente su variedad textural poniendo de manifiesto el carácter homogéneo del mármol y la presencia de ciertas peculiaridades de interés para su identificación.

Tipo 2: Corresponde a rocas plutónicas de color negro-grisáceo con importantes indicios de alteración.

Descripción petrográfica: Se trata de una roca plutónica (gabro-diorita) holocristalina de tamaño de grano grueso a muy grueso de equigranular a inequigranular compuesta por cristales de anfíbol (horblenda), muy fragmentados de gran tamaño, originalmente de 4cm (muy gruesos), resultado de la alteración de los piroxenos, en menor proporción se detectan piroxenos, feldespatos (**Figura 1**). Se han observado también pequeño cristales de olivino detectados a través del SEM-EDX, (**Figura 2**). La roca está muy alterada a serpentina, siendo este componente el más abundante. Este último mineral se observa creciendo entre las microfisuras de los piroxenos alterados a anfíboles y como componente de la matriz de la roca.

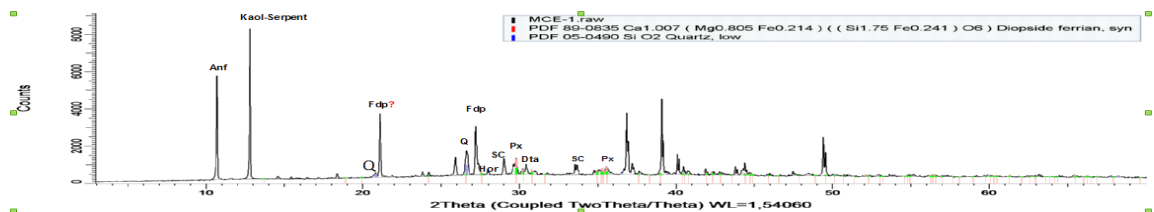


Figura 1. Composición mineralógica de la roca ígnea.

Las observaciones del SEM-EDX han permitido poner de manifiesto que se trata de una roca plutónica sometida a procesos de alteración en condiciones metamórficas que está produciendo alteraciones de los piroxenos a anfíboles e incluso a oxihidroxidos d Fe.

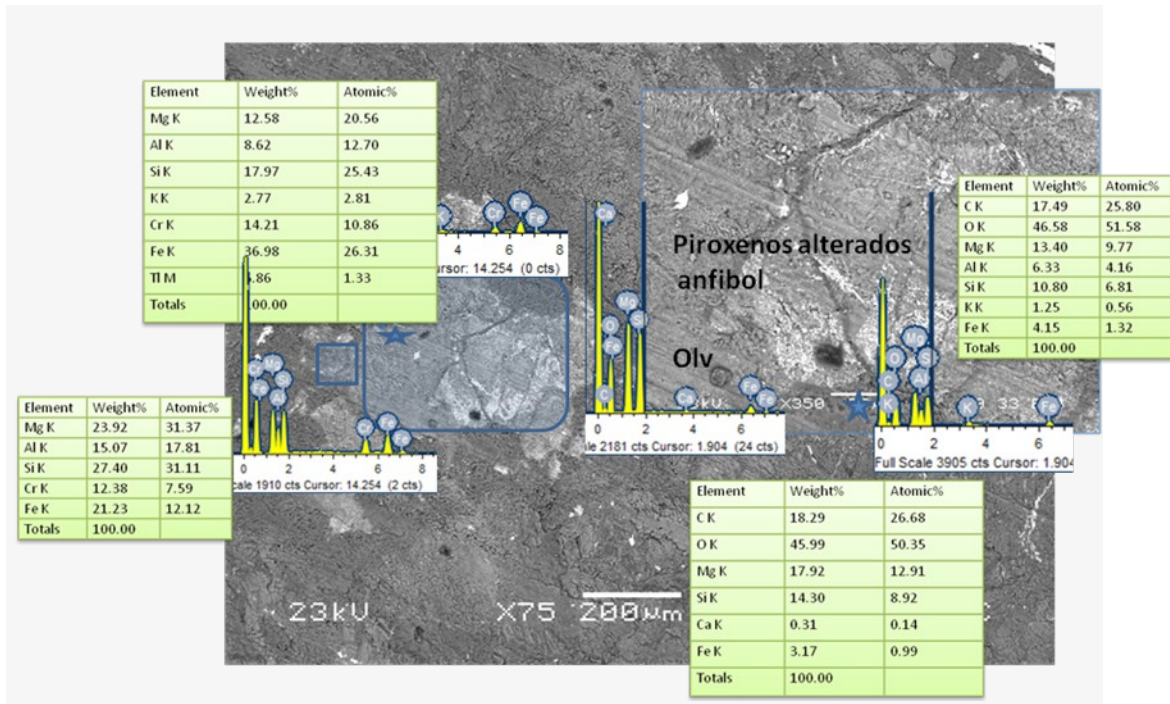
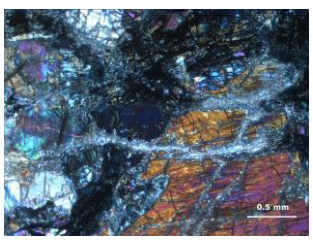
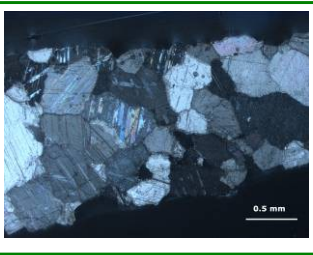
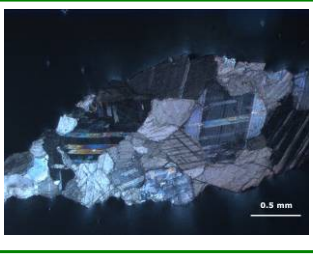
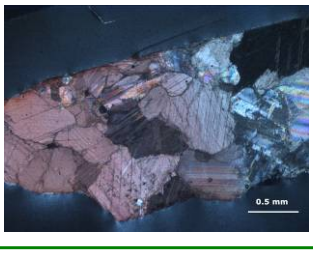



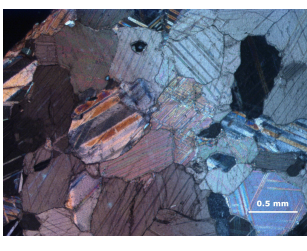
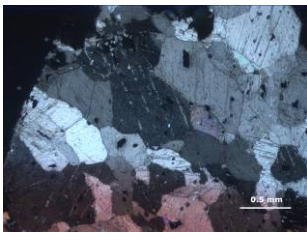
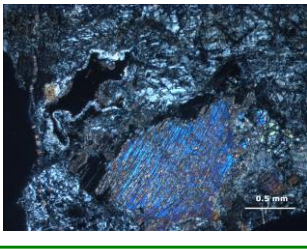
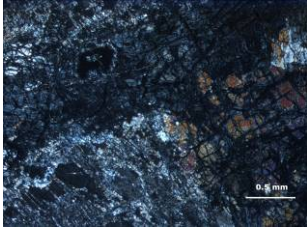
Figura 2. Aspecto de los piroxenos alterados a anfíbol y olivinos.

El aspecto microtextural, observado a través del microscopio petrográfico, que presentan estos dos litotipos pétreos se puede observar en la **Tabla II**.

Tabla II. Descripción petrográfica de las distintas piezas analizadas.

Muestras	Microscopia óptica	Tipo	Localización
M-CET 1:		Mármol calcítico	Ossa Morena. Estremoz Portugal

<p>M-CET 2.</p>		<p>Roca Plutónica Gabro diorita serpentinizado</p>	<p>Ossa Morena. Complejo Ofiolítico de Moura Portugal</p>
<p>M-CET 3. .</p>		<p>Mármol calcítico</p>	<p>Ossa Morena. Estremoz Portugal</p>
<p>M-CET 4.</p>		<p>Mármol calcítico</p>	<p>Ossa Morena. Estremoz Portugal</p>
<p>M-CET 5.</p>		<p>Mármol calcítico</p>	<p>Ossa Morena. Estremoz Portugal</p>
<p>M-CET 6</p>		<p>Mármol calcítico</p>	<p>Ossa Morena. Estremoz Portugal</p>
<p>M-CET 7.</p>		<p>Mármol calcítico</p>	<p>Ossa Morena. Estremoz Portugal</p>

M-CET 8.		Mármol calcítico	Ossa Morena. Estremoz Portugal
M-CET-9.		Mármol calcítico	Ossa Morena. Estremoz Portugal
M-CET-10		Roca Plutónica Gabro-diorita serpentinizado	Ossa Morena. Complejo Ofiolítico de Moura Portugal
M-CET-11.		Roca Plutónica Gabro-diorita con abúndate serpentina	Ossa Morena. Complejo Ofiolítico de Moura Portugal

2. Discusión

La explotación de piedra ornamental se remonta a época romana a quienes debemos el inicio de la explotación de mármol en las canteras de Hispania y norte de África. Tenemos constancia del uso importante del mármol en época árabe. No obstante tenemos constancia que la explotación del suministro de estos elementos de mármol dependía de la existencia de un imperio mediterráneo con sus canteras situadas en diferentes puntos y su red de comunicaciones marítimas y terrestres así como el trasiego de materiales pétreos del mármol de las canteras de Macael (Almería), Almadén de la Plata (Sevilla), anticlinal de Estremoz, Viana Alentejo, Trigache, Serpas (Portugal), Aroche (Huelva), Mijas (Málaga) incluso Tarragona y Túnez; aunque también tenemos conocimiento de la práctica habitual de

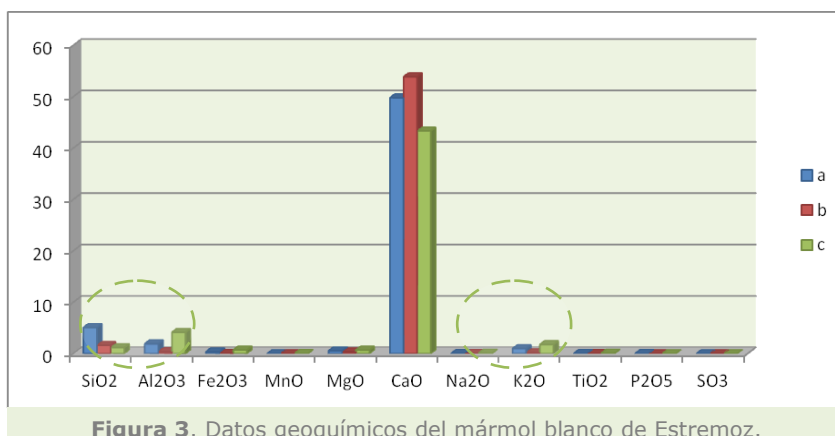
reutilización de piezas romanas.

El estudio llevado a cabo sobre la Madrasa Al-Yidida atribuye la procedencia de estas piezas a mármol portugués. A continuación se exponen la justificación de esta procedencia.

Procedencia del mármol blanco

En base a estos planteamientos previos y teniendo en cuenta la falta de información

existente; nuestro estudio se ha basado en aspectos exclusivamente analíticos apoyados, como se ha comentado anteriormente, en los registros con los

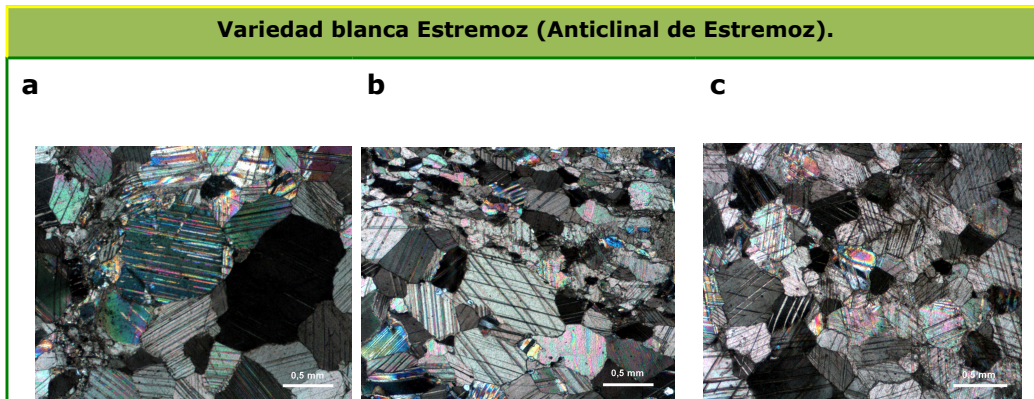


que actualmente contamos en la base de datos "Arqueodatos".

En base a datos de petrografía (tamaño de grano, contactos en granos y deformación de los blastos) y químico mineralógico se establecen como área de posible procedencia para el mármol blanco la zona de Estremoz (Portugal) (**Tabla III**). Aunque en los mármoles de Estremoz es frecuente observar bandas definidas por una reducción de tamaño de grano, así como bandeados ricos en micas que le confieren en algunos casos aspecto esquistoso. En las muestras analizadas hemos encontrado micas dispersa entre los blastos de calcita, aspecto también frecuente en los mármoles de Estremoz, sobre todo en los blancos de aspecto muy puro.

Los datos de fluorescencia de rayos X obtenidos en las muestras de cantera confirman que las impurezas del mármol se deben fundamentalmente a su contenido en micas (**Figura 3**), aspecto observado en este tipo de mármol.

Tabla III. Rangos de variación textural observada en el mármol de Estremoz observada al microscopio petrográfico. Arqueodata, publicación inédita.



Procedencia de los Gabro-dioritas

Aplicando la lógica el material pétreo de coloración negra-grisácea se puede también atribuir una procedencia portuguesa, teniendo en cuenta que los afloramientos ígneos de diques de gabros-dioritas son frecuentes en esta zona geológica.

La zona de Ossa-Morena, área geológica donde se emplazan estos materiales es una unidad litosfera que se adoso durante la orogenia varisca a la zona Centro Ibérica y subportuguesa. El límite entre estas subunidades viene representado por cuerpos ofiolíticos de carácter oceánico. Durante el Pérmico tiene lugar un evento extensional que permitió la intrusión de una familia de diques diabásicos de orientación NW-SE distribuidos ampliamente en esta zona geográfica (**Figura 4**).

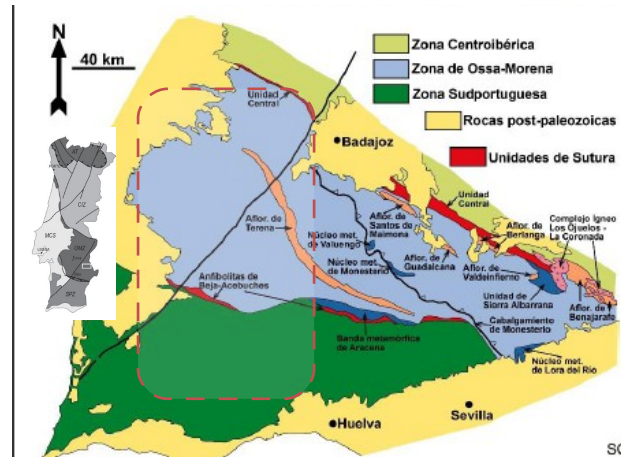


Figura 4. Emplazamiento geológico del área de análisis

A continuación se indican las zonas de posible procedencia:

1. Anfibolitas de Beja Acebuches COBA: Se localizan al sur de ZOM. Se trata de unos basaltos con diques de gabros metamorizados junto con grandes

cuerpos serpentinizados muy milonitizados con recristalizaciones. Corresponde a una anfibolita serpentinizada (metaperidotitas, piroxenitas y gabros). Estas rocas inicialmente eran gabros toleíticos (**Fonseca et al, 2004**).

2. Complejo Complejo Ígneo de Barrancos: Estos materiales se asocian al anticlinal de Estremoz. Estas estructuras tienen en común la presencia de rocas carbonatadas intercalaciones de vulcanismo ácido y básico siguiendo dirección SE-NO, desde Barrancos hasta Estremoz, pasando por Villanueva del Fresno (España). Se producen en el Carbónico superior, asociada a una tectónica distensiva relacionada con la orogenia Varisca (Perdigão et al, 1982; V. Oliveira, 1984). Su disposición transversal y orientación de estructuras de tipo lenticular la relacionan con una posible zona de cizallamiento
3. Plutón de Santa Eulalia. El Plutón de Santa Eulalia (Alto Alentejo, Portugal) constituye un complejo intrusivo de edad tardi-varisca emplazado en el límite septentrional de la zona de Ossa-Morena. Está formado por dos facies graníticas con una serie de cuerpos ígneos gabro-dioríticos y granodiorítico, dispuestos en configuración anular y mayoritariamente incluidos en el granito externo. Grabros y dioritas constituye una cantera en explotación actualmente en el macizo de Santa Eulalia en Monte Branco Redondo (Terrero do Alentejo). Macizo de Beja. Complejo Ígneo de Monteforte junto a Elvas.

En base al análisis de las tres áreas analizadas se atribuye la procedencia la al Complejo Complejo Ígneo de Barrancos apoyándonos en su proximidad a las canteras de mármol blanco.

4. CONCLUSIONES

El estudio arqueométrico realizado sobre estos materiales pétreos indican una procedencia portuguesa atribuible las dos variedades al Anticlinal de Estremoz, la variedad blanca a los mármoles de Estremoz y los materiales ígneos al Complejo Complejo Ígneo de Barrancos. Aspecto que indica que el uso iniciado en época romana se prolonga en época árabe, aspecto que se ha puesto de manifiesto su uso en piezas arquitectónicas en Madinat al-Zahara y salón del Rico y en periodos posteriores como en la catedral de Sevilla.

5. BIBLIOGRAFÍA

- **BELTRÁN-FORTES, JOSÉ; RODRÍGUEZ-GUTIÉRREZ, OLIVA; LÓPEZ-ALDANA, PEDRO; ONTIVEROS-ORTEGA, ESTHER; TAYLOR-, RUTH (2013).** LAS CANTERAS ROMANAS DE MÁRMOL DE ALMADÉN DE LA PLATA (SEVILLA). MARMORA Romanos En Hispania, Carranque, 2011,
- **BELTRÁN FORTES, J, LÓPEZ ALDANA, P; RODRÍGUEZ GUTIERREZ, O; ONTIVEROS ORTEGA, E Y TAYLOR, R (2012)** The ALMADÉN DE LA PLATA QUARRIES: NEW DATA FROM THE LATEST INTERVENTIONS.IX International Conference. Tarragona, 2009.ICAC.
- **FONSECA, P; MUNHA, J; ARAJULO, A Y PEDRO, JC (2004).** OSFIOLITOS VARISCOS E O METAMORFISMO DE ALTA PRESSAO ASOCIADO NO RAMO SUL DA CADEIA. Cuadernos Lab. Xeolóxico de laxe. Coruña. Vol 29 pp 31-52.
- **GONZÁLEZ MENÉNDEZ, L; AZOR, A;. PEREIRA, M.D y ACOSTA M.D (2006).** PETROGÉNESIS DEL PLUTÓN DE SANTA EULALIA (ALTO ALENTEJO, PORTUGAL. Revista de la Sociedad Geológica de España, 19(1-2), 2006
- **MOUGENOT D. (1989).** GEOLOGIA DA MARGEM PORTUGUESA. Instituto Hidrográfico, Lisboa, 259 p.
- **ONTIVEROS ORTEGA, E; BELTRÁN FORTES, J; TAYLOR, R; RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ, O AND LÓPEZ ALDANA (2012).** CHARACTERISATION OF THE OUTCROPS AND EXTRACTION PRODUCTS OF THE ROMAN QUARRIES OF LOS CASTILLEJOS AND LOS COVACHOS (ALMADÉN DE LA PLATA, SEVILLE, SPAIN)".IX International Conference. Tarragona, 2009. ICAC.
- **RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ, O, MAÑAS ROMERO, I Y ONTIVEROS ORTEGA, E (2012).** THE OPUS SECTILE OF THE CURIA OF ILIPA (ALCALÁ DEL RÍO, SEVILLE)". CONSIDERATIONS ON THE USE OF STONE IN PUBLIC ARCHITECTURE FROM ROMAN BAETICA."IX International Conference. Tarragona, 2009. ICAC.

III. IDENTIFICACIÓN DE MADERA

1. INTRODUCCIÓN

La madrasa al-Yadida fue levantada a instancias del sultán Abu-I-Hasan a mediados del siglo XIV.

Actualmente, se está realizando en el museo de Ceuta un completo estudio de las piezas de la Madrasa, elaborándose una descripción pormenorizada, su estudio estilístico, compositivo y funcional y su análisis arqueométrico con el objetivo de determinar su naturaleza.

Por tanto, se ha solicitado al Laboratorio de Biología la caracterización del soporte (madera) que se encuentra formando parte de algunas de ellas. Para ello, se recurre a un tipo de estudio que identifique la madera en función de sus características morfológicas.

El análisis macroscópico de la madera ha de complementarse con el microscópico, mediante el cual se puede asegurar la identificación de la especie, o al menos del género. En este caso se recurrió al estudio anatómico mediante análisis microscópico de la estructura celular.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Localización y descripción de las muestras:

Se tomaron muestras de zonas poco visibles y, aunque las muestras eran de pequeño tamaño, se tuvo en cuenta las tres caras en las que se han de realizar los cortes para su correcta identificación. Las muestras se tomaron de las siguientes piezas:

- 5 fragmentos de alfarje (ver figura 1)
- 4. MC-01. Cuña
- 5. MC-02. Cuña
- 6. MC-03. Interior sino
- 7. MC-04. Punta de estrella
- 11 listones de alfarjía/molduras de tablas (ver figura 2)
 - MC-05. Peinazo
 - MC-06. Listón
- 6 vigas (ver figura 3)
- MC-07. Viga
- 11 canes (ver figura 4)
- MC-08. Can
- 22 tablas (ver figura 5)
- R 7913 Tabla

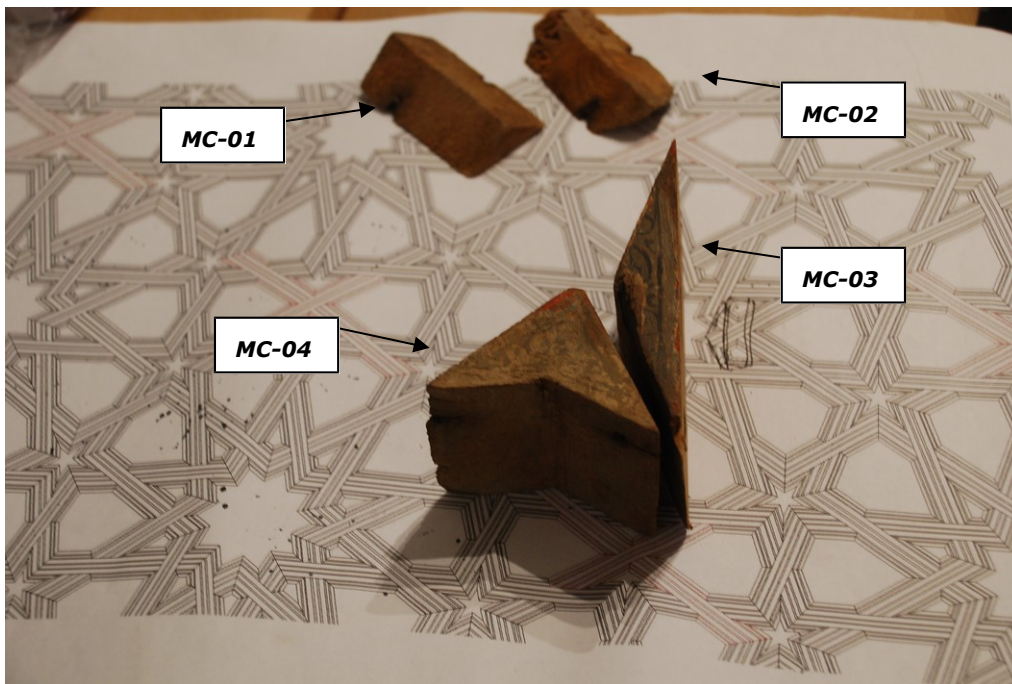


Fig. 1- Fragmentos de alfarje: MC-01. Cuña, MC-02. Cuña, MC-03. Interior sino, MC-04. Punta de estrella



Fig. 2- Listones de alfarjía/molduras de tablas: MC-05. Peinazo, MC-06. Listón



Fig. 3- Vigas: MC-07.Viga



Fig. 4- Canes: MC-08. Can



Fig. 5- Tablas: R 7913. Tabla

Metodología de análisis:

Las muestras de madera necesitan una preparación previa antes de su observación al microscopio óptico. Las secciones observadas son: radial, tangencial y transversal; en las cuales se analizan los distintos caracteres anatómicos.

- Observación previa, mediante luz incidente, de la muestra de madera al estereomicroscopio.
- Preparación de las muestras:
Puesta en ebullición en agua destilada para facilitar la realización de cortes, mediante bisturí, de las secciones: TRANSVERSAL, LONGITUDINAL RADIAL y LONGITUDINAL TANGENCIAL.
- Observación al microscopio óptico con luz transmitida de las distintas secciones para su determinación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las 9 muestras analizadas presentan las mismas características anatómicas microscópicas principales. Dichas características, y otras secundarias (que no tienen carácter analítico) sólo apreciadas en algunas muestras, son las siguientes:

A) Sección transversal (Figuras 6 a 11):

- Anillos de crecimiento diferenciados y de separación uniforme, con fuerte contraste entre la zona de primavera y verano.
- Ausencia de canales resiníferos fisiológicos.
- Traqueidas longitudinales de sección poligonal.
- Parénquima longitudinal escaso y disperso.
- Parénquima radial de paredes axiales noduladas.
- Canales resiníferos traumáticos (sólo en las muestras MC-05 y MC-08).

B) Sección tangencial (Figuras 12 y 13):

- Radios leñosos uniseriados y parcialmente biseriados, de 3 a 16 células de altura media, pero que oscilan desde 1 a más de 30.
- Punteaduras en las paredes tangenciales de las traqueidas.

C) Sección radial (Figuras 14 a 19):

- Punteaduras areoladas de toro estrellado en las paredes radiales de las traqueidas longitudinales, en filas uniseriadas y ocasionalmente biseriadas.
- Radios leñosos homogéneos, aunque en ocasiones se presentan traqueidas radiales no dentadas en posición marginal.

- Nódulos en las paredes axiales del parénquima radial.
- Punteaduras de los campos de cruce (de las células del parénquima de los radios leñosos con las traqueidas verticales) de tipo piceoide, de 1 a 3 por campo, aunque generalmente son 2.
- Cristales en el parénquima radial (sólo en la muestra MC-03)

En base a dichas características anatómicas, y con la ayuda de bibliografía especializada y patrones comparativos propios, todas las muestras analizadas se han determinado taxonómicamente como madera de ***Cedrus atlántica Manetti*** (cedro atlántico o del Atlas).

4. CONCLUSIONES

Estudio de la madera

En el presente trabajo se han tratado aspectos significativos de la anatomía de este material lignario. En un orden metodológico, hemos partido de la identificación taxonómica del material para llegar a establecer las zonas geográficas de procedencia de esta especie de madera. Para ello, aportamos criterios de diferenciación anatómica que han permitido identificar como cedro del Atlas la madera que constituye los distintos elementos.

Todas las muestras analizadas procedentes de las diferentes piezas, poseen las mismas características anatómicas microscópicas y pertenecen a la misma especie: *Cedrus atlántica*; Familia *PINACEAE*.

El Cedro del Atlas es una especie de las montañas de África del Norte (Marruecos y Argelia). Es un árbol de gran talla que puede alcanzar los 40 m de altura, de porte piramidal. Es el más resistente de todos los cedros y proporciona una buena madera que ha sido siempre apreciada desde la antigüedad por su durabilidad ya que, obviamente, resiste inalterable durante varios siglos.

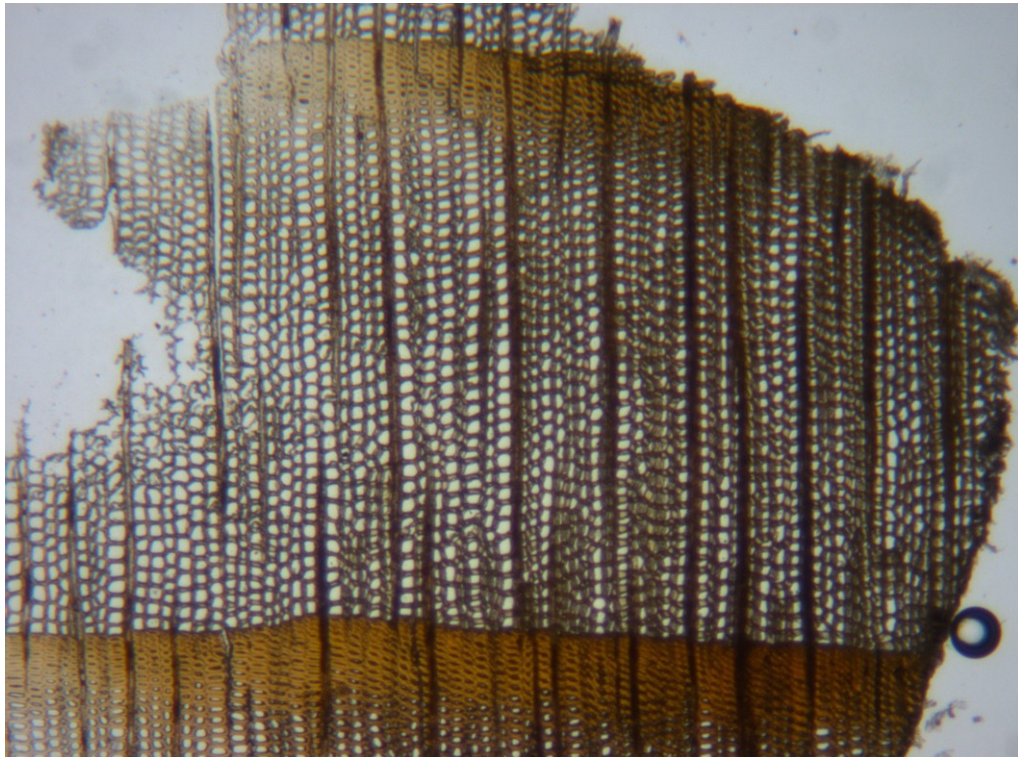


Fig. 6. MC-04. Sección transversal, 25X.

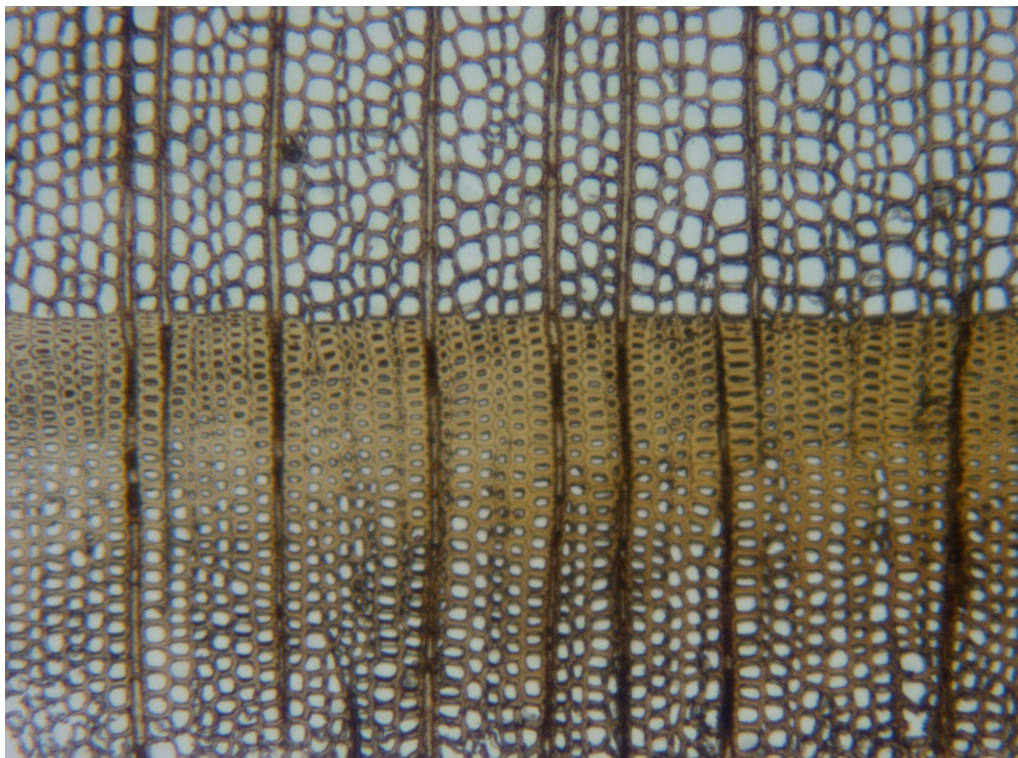


Fig. 7. R7913. Sección transversal, 50X.

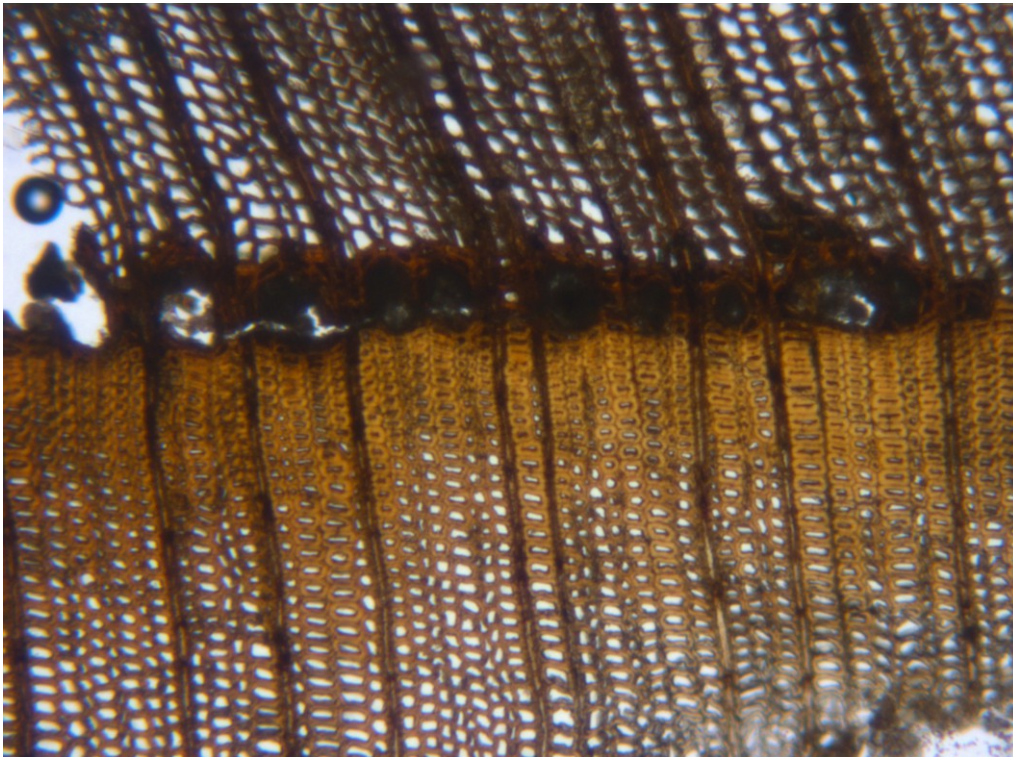


Fig. 8. MC-05. Sección transversal, 50X. Canales resiníferos traumáticos.

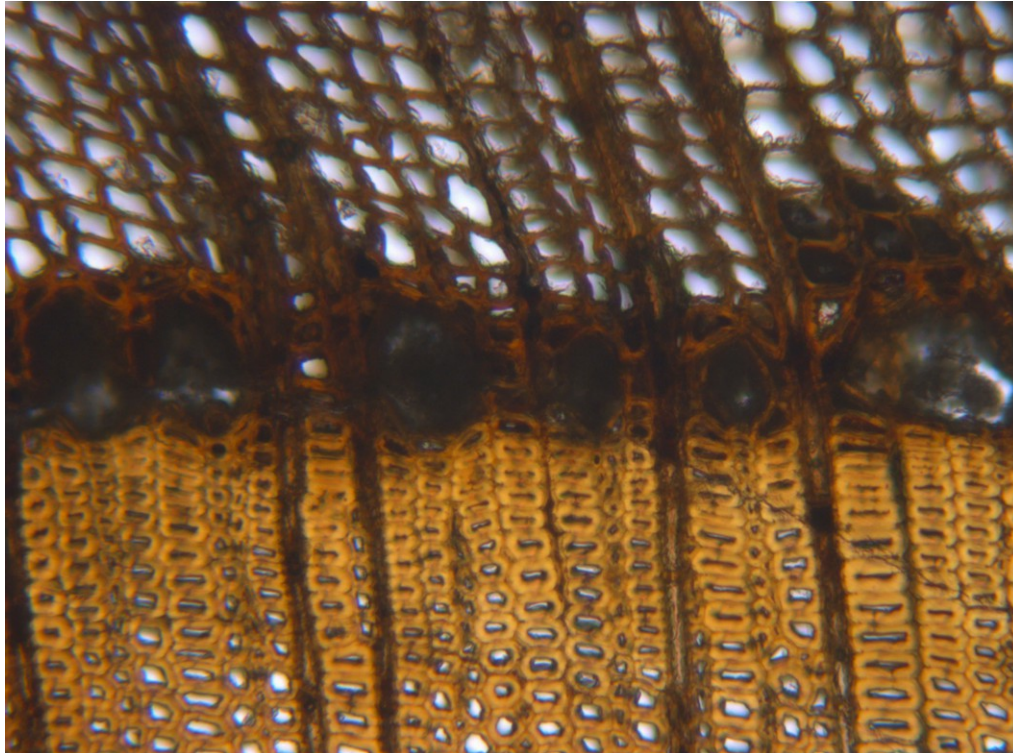


Fig. 9. MC-05. Sección transversal, 100X. Canales resiníferos traumáticos.

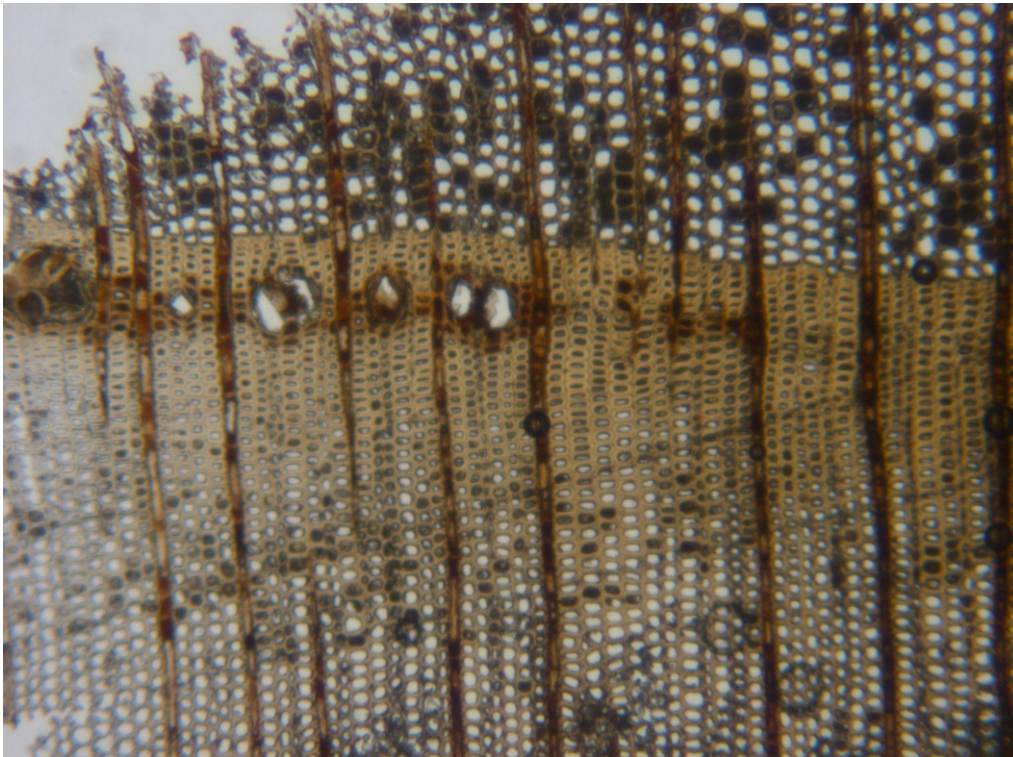


Fig. 10. MC-08. Sección transversal, 25X. Canales resiníferos traumáticos.

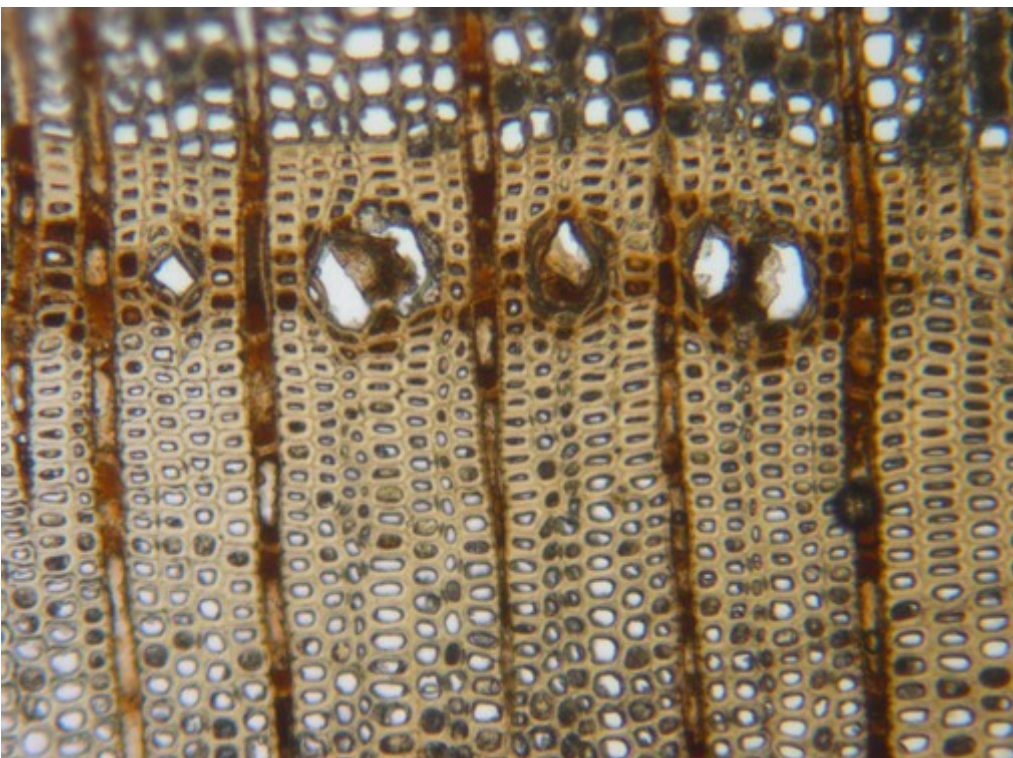


Fig. 11. MC-08. Sección transversal, 50X. Canales resiníferos traumáticos.



Fig.

12. MC-03. Sección tangencial, 50X.



Fig. 13. MC-06. Sección tangencial, 50X.

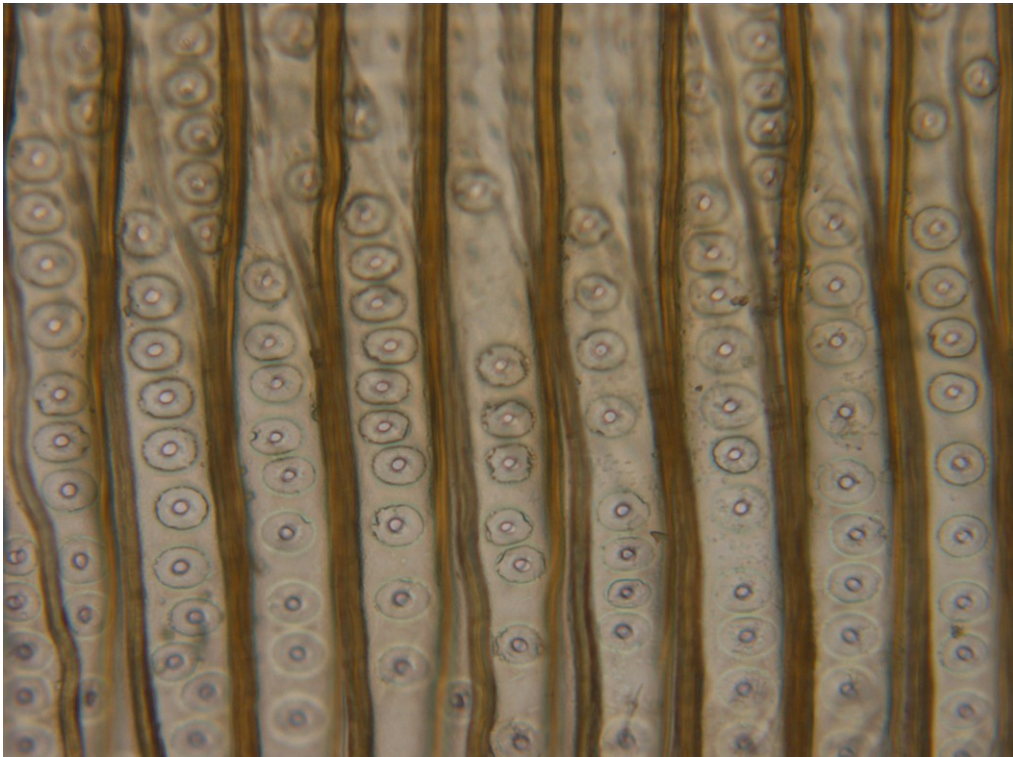


Fig. 14. MC-04. Sección radial, 200X. Punteaduras areoladas con toro estrellado.

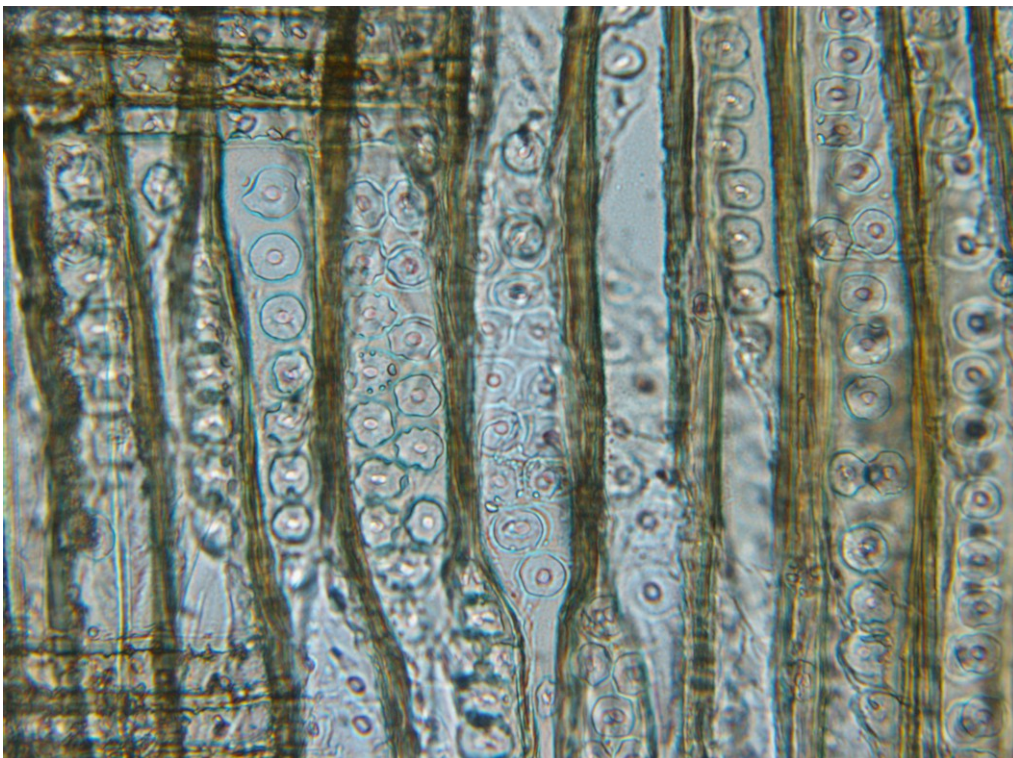


Fig. 15. MC-06. Sección radial, 200X. Punteaduras areoladas biseriadas.

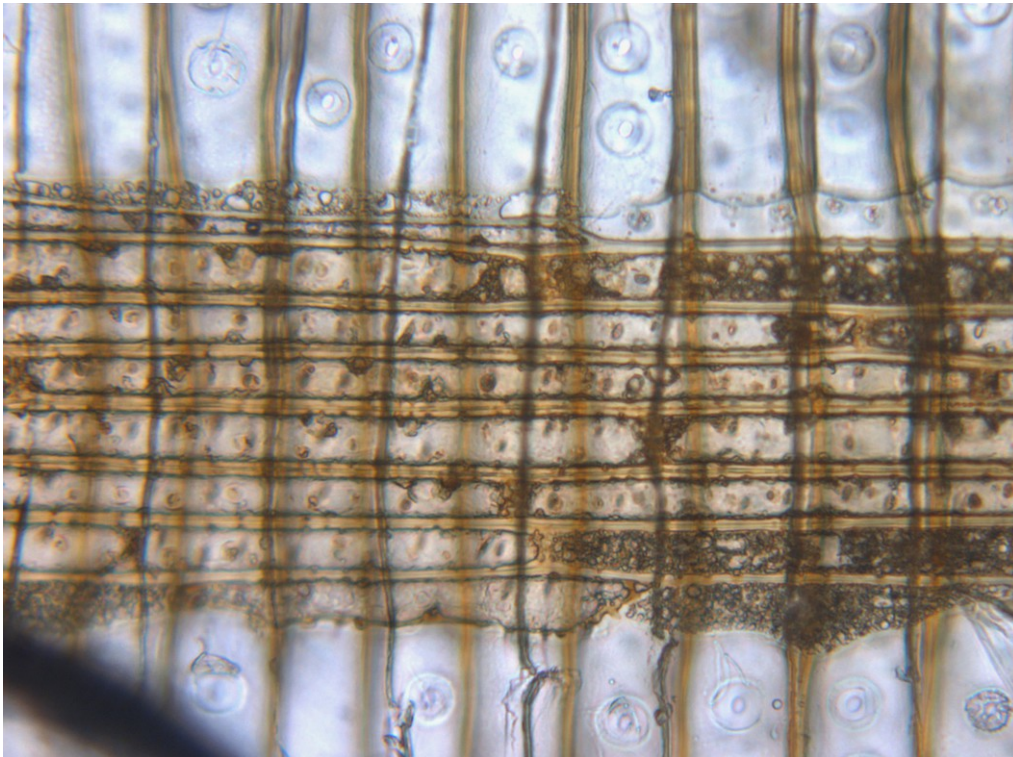


Fig. 16. MC-02. Sección radial, 200X. Punteaduras de los campos de cruce de tipo piceoide

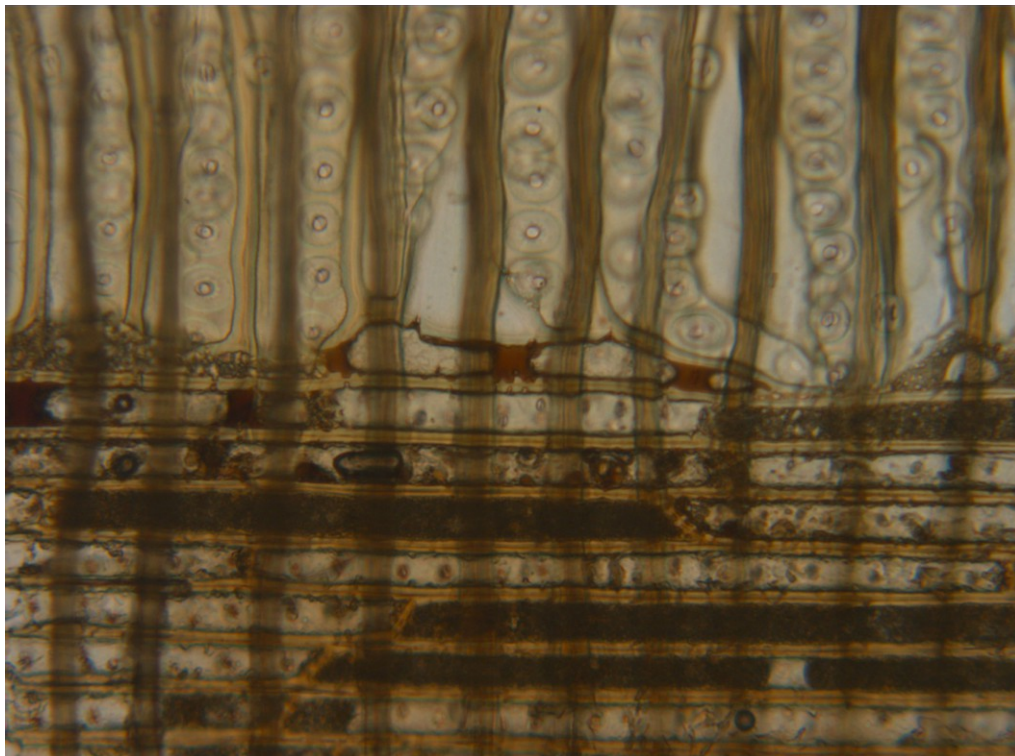


Fig. 17. MC-01. Sección radial, 200X.

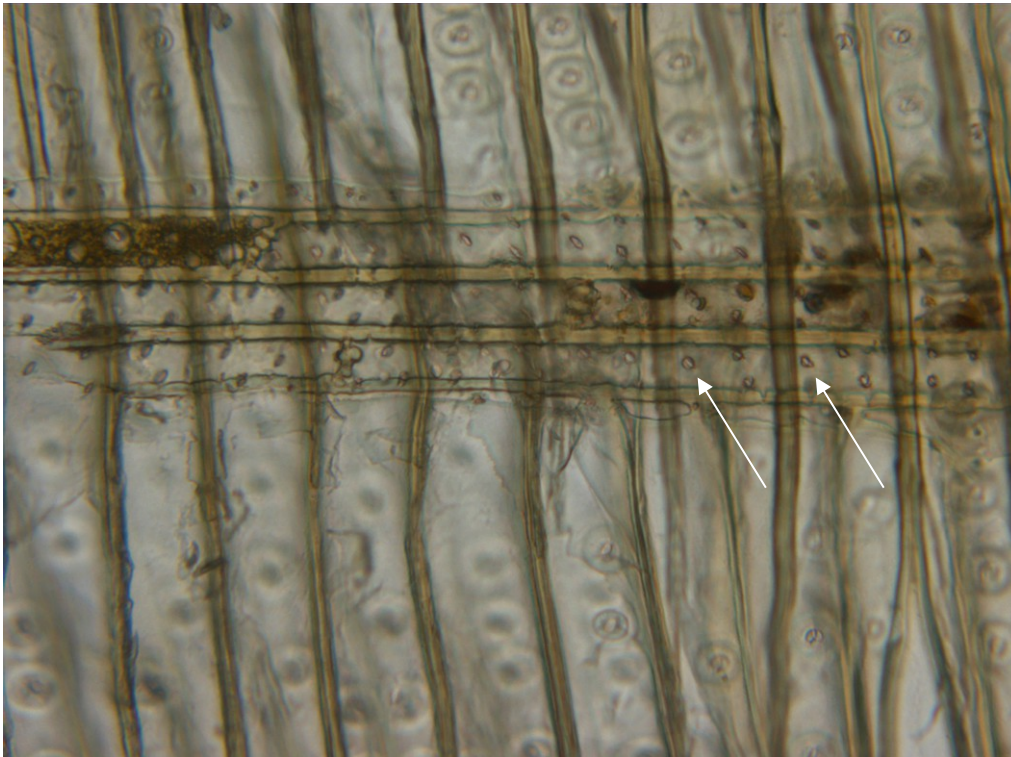


Fig. 18. MC-07. Sección radial, 200X. Punteaduras de los campos de cruce de tipo piceoide

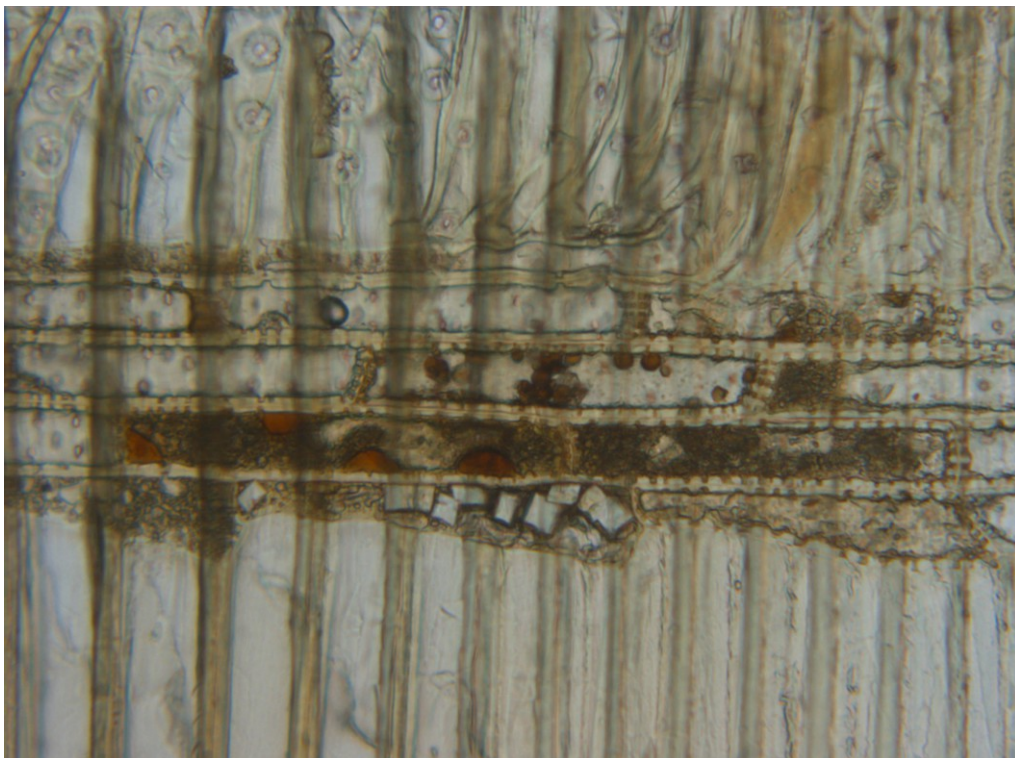


Fig. 19. MC-03. Sección radial, 200X. Cristales en el parénquima radial.

IV. ESTUDIO DE BIODETERIORO

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio es averiguar qué tipo de deterioro biológico se ha producido en las distintas piezas para elaborar el diagnóstico final de las mismas y una propuesta de tratamiento.

Al observar varios elementos, se han detectado orificios y galerías de insectos, así como sus restos. Además se han observado restos de madera deteriorada por pudrición blanda y pudrición parda.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Localización y descripción de las muestras

Tras la realización de la inspección visual de la obra y la toma de fotografías, se procedió a la toma de muestras de madera y de restos biológicos. En el caso del estudio entomológico, se tomaron muestras de serrín y, con respecto a los microorganismos, muestras de madera con pudrición. Las piezas alteradas eran:

- MC-06. Listón alfarje
- MC-07. Viga
- MC-08. Can
- 7906 Alicer

Posteriormente, éstas muestras se han observado al microscopio estereoscópico: restos de madera con orificios y galerías y serrín conteniendo excrementos, y al microscopio óptico: madera con posible pudrición en sección transversal, longitudinal radial y longitudinal transversal.

Método de análisis

Análisis entomológico

La realización de este estudio se ha basado en la observación de las alteraciones producidas por insectos y de sus restos. Sin embargo, en este caso no se ha hallado ninguna muestra significativa, por lo que no se han podido determinar las especies causantes de los daños, tan sólo la familia a la que pertenecen. Las muestras de restos de insectos se observaron al estereomicroscopio y se utilizó bibliografía especializada para su determinación.

Estudio de la vitalidad de los hongos de pudrición

El objetivo de este estudio es valorar el grado de vitalidad de los hongos de pudrición hallados en el interior de la madera.

El método consiste en preparar una muestra de madera, mediante la realización de cortes en las tres secciones, para su estudio al microscopio óptico con luz blanca y con luz polarizada. Se observan las distintas estructuras fúngicas para comprobar si se ha producido una regresión de la vitalidad de los hongos.

Se estudian alteraciones causadas por hongos de pudrición y posible presencia de elementos fúngicos (hifas, esporas,...).

La determinación del hongo presente a fin de diagnosticar su peligrosidad, mediante técnicas de biología molecular, está en curso mediante PCR.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis entomológico

Se detectaron orificios de salida y galerías de anóbidos. Se estudiaron muestras de madera y de serrín mediante la inspección visual y al microscopio estereoscópico.

MC-06 Listón Alfarje	Restos serrín, galerías y orificios de salida de anóbidos. Familia <i>Anobiidae</i> (ver figuras 20 y 21).
MC-07 Viga	Restos serrín, galerías y orificios de salida de anóbidos. Familia <i>Anobiidae</i> (ver figura 22).
MC-08 Can	Restos serrín, galerías y orificios de salida de anóbidos. Familia <i>Anobiidae</i> (ver figuras 23 y 24).
7906 Alicer	Restos serrín, galerías y orificios de salida de anóbidos. Familia <i>Anobiidae</i> (ver figuras 25 y 26).



Fig. 20. MC-06. Listón alfarje. Orificios de salida y galerías de anóbidos.



Fig. 21. MC-06. Listón alfarje. Orificios de salida y galerías de anóbidos.



Fig. 22. MC-07. Viga. Orificios de salida y galerías de anóbidos.



Fig. 23. MC-08. Can. Orificios de salida y galerías de anóbidos.



Fig. 24. MC-08. Can. Orificios de salida y galerías de anóbidos.



Fig. 25. 7906. Alicer. Orificios de salida y galerías de anóbidos.



Fig. 26. 7906. Alicer. Orificios de salida y galerías de anóbidos.

Estudio de la vitalidad de los hongos de pudrición

Las muestras de madera pertenecen al género *Cedrus*. Se han observado pudriciones de dos tipos: pudrición parda y pudrición blanda (ver figuras 27 y 28).



Fig. 27. MC-06. Listón alfarje. Pudrición parda.



Fig. 28. 7906. Alicer. Pudrición parda (1) y blanda (2).

Tras la preparación de las muestras de madera y la observación al microscopio óptico de las distintas secciones, se han observado estructuras fúngicas. En las muestra se detectaron esporas colapsadas (ver figura 29).

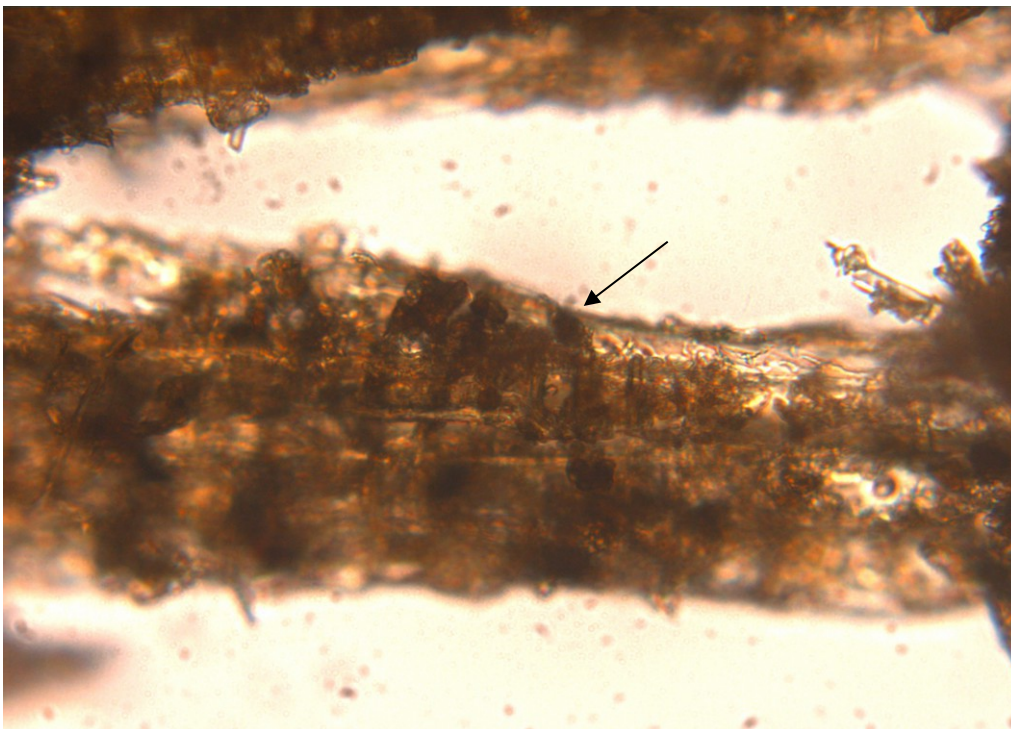


Fig. 29. Esporas observadas en sección radial de Cedrus atlantica, 200X.

4. CONCLUSIONES

Evaluación de los daños de origen biótico:

La intensidad y el modo de ataque de cada agente xilófago son diferentes y resultan de gran interés para poder estimar la gravedad del daño en las piezas de madera y evaluar la pérdida de resistencia de este material.

El deterioro causado por la plaga de escarabajos anóbidos no está activo en la actualidad, por lo que no se recomienda ningún tratamiento insecticida.

En el caso de los hongos de pudrición, sus ataques y degradación se reducen a las zonas en las que la humedad ha superado el 20%, de manera que lo habitual es encontrar daños por pudrición en las piezas que se hayan mojado o en zonas que hayan retenido la humedad. No son ataques que se generalicen o se extiendan a grandes superficies de las piezas sino que afectan a zonas localizadas. Las consecuencias de sus efectos son la destrucción de la madera en la zona afectada.

Las observaciones al microscopio de las muestras de madera han permitido poner de manifiesto un estado de vitalidad de las especies fúngicas colonizadoras con escasa presencia de las células vegetativas, lo que indica que la vitalidad de los hongos de pudrición es muy baja. Por tanto, no es necesaria la desinfección con productos biocidas (fungicida) de las zonas afectadas.

La eliminación de las humedades que han permitido el desarrollo de los hongos de pudrición, es suficiente para detener el ataque y puede considerarse como un tratamiento curativo. En general, es suficiente con esta medida y, una vez eliminadas las fuentes de humedad, la madera inicia un proceso de secado que en general es lento.

EQUIPO TÉCNICO

Coordinación general:

Lorenzo Pérez del Campo. Facultativo del Cuerpo Superior de Conservadores del Patrimonio Histórico. Jefe en funciones del Centro de Inmuebles, Obras e Infraestructuras en el Patrimonio Histórico del IAPH.

Análisis:

Lourdes Martín García. Jefa de Proyecto del Laboratorio de Química. Centro de Inmuebles, obras e infraestructuras. IAPH.

Esther Ontiveros Ortega. Técnica del Laboratorio de Geológica. Centro de Inmuebles, obras e infraestructuras. IAPH.

Marta Sameño Puerto. Jefa de Proyecto del Laboratorio de Biología. Centro de Inmuebles, obras e infraestructuras. IAPH.

Victor Menguiano Chaparro. Técnico del laboratorio de Biología. Centro de Inmuebles, obras e infraestructuras. IAPH.

Sevilla, 25 de abril de 2014

Fdo.: Lourdes Martín García
JEFA DE PROYECTO DEL LABORATORIO QUÍMICA
DEL PATRIMONIO HISTÓRICO

Fdo.: Esther Ontiveros Ortega
TÉCNICO DEL LABORATORIO GEOLOGIA
DEL PATRIMONIO HISTÓRICO

Fdo.: Marta Sameño Puerto
JEFA DE PROYECTO DEL LABORATORIO BIOLOGÍA
PATRIMONIO HISTÓRICO

Fdo.: Victor Menguiano Chaparro
TÉCNICO DEL LABORATORIO BIOLOGÍA DEL
DEL PATRIMONIO HISTÓRICO

Fdo.: Lorenzo Pérez del Campo
Vº Bº EL JEFE EN FUNCIONES DEL CENTRO DE
INMUEBLES, OBRAS E INFRAESTRUCTURAS
DEL PATRIMONIO HISTÓRICO