

Procés d'anàlisi fisicoquímiques aplicades a la pintura sobre tela de santa Anna

Les tècniques analítiques aplicades a la restauració d'una obra d'art són bàsiques per conèixer els materials que componen l'obra. Per a això és necessària una tasca interdisciplinària entre diversos professionals, amb la finalitat d'aplicar les tecnologies que solucionin aquestes necessitats i permetin operar amb resultats més precisos abans i durant el procés de restauració.

Mónica Mora Triviño. *Tècnica Superior en Arts Aplicades al Mur per l'Escola d'Arts Plàstiques i Disseny Llotja i estudiant de Conservació i Restauració de Pintura de l'ESCRBCC.*
monipenni@hotmail.com

Anahí Meyer Riera. *Llicenciada en Història de l'Art per la Universitat de les Illes Balears i estudiant de Conservació i Restauració de Pintura de l'ESCRBCC.* anahi321@hotmail.com

INTRODUCCIÓ

L'anàlisi dels materials que componen l'obra, així com el coneixement de les patologies en curs, eren necessaris per realitzar els diagnòstics que permetessin seleccionar els criteris d'intervenció apropiats respectant els materials originals, detinguessin les causes de degradació, restituïssin la visibilitat i, d'aquesta manera, la unitat potencial de l'obra d'art, permetent prevenir futures degradacions.

Es va analitzar tota la superfície de l'obra sotmetent-la a la incidència de diferents tipus de llum (rasant, transmesa, ultra-

violada i infraroja), amb la finalitat de documentar l'estat de conservació tant a nivell de suport com de capa pictòrica.

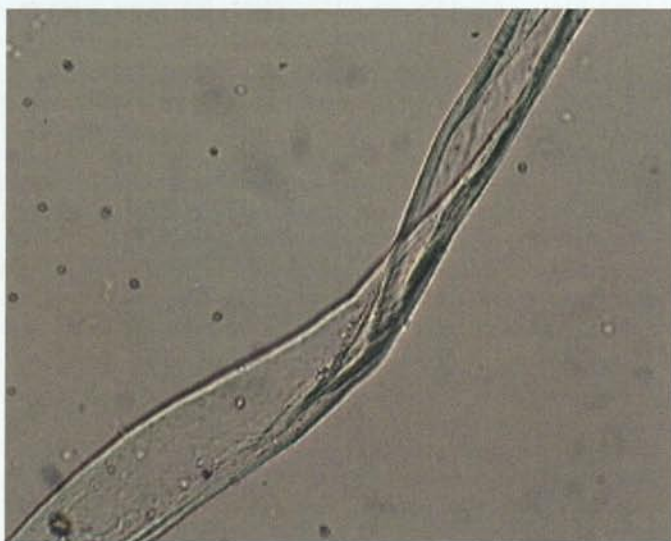
Es van realitzar estudis de composició de la tela de suport i de la capa pictòrica, també de pH de la tela i finalment es va realitzar un extens estudi de l'important atac biològic que afectava la superfície de la capa pictòrica.

ESTUDIS PRELIMINARS

AMB DIFERENTS TIPUS DE LLUM

La incidència de la llum rasant va posar de manifest les irregularitats i desperfectes de la tela o les rugositats de la superfície imperceptibles a primera vista, així com la gran capa heterogènia de fongs mostrant les diferents textures i gruixos. Al revers es van apreciar petites irregularitats del teixit com nusos, cosits i un bri de palla.

L'observació amb llum transmesa va permetre apreciar els detalls d'algunes de les degradacions; en concret, els nombrosos estrips, pèrdues de matèria i talls, així com la densitat de les capes de pintura que en general es presenten primes i



1. Mostra de fibra de fil d'ordit pertanyent a la tela principal amb MO (Fotografia: Rosa Rocabayera).



2. Mostra de fibra de fil de trama pertanyent a la tela principal amb MO (Fotografia: Rosa Rocabayera).

uniformes, sofrint pèrdues i desgast en algunes zones puntuals. També va permetre apreciar clivellats no perceptibles en l'espectre visible als que denominem microclivellats, diferenciant-los d'aquesta manera, dels clivellats apreciats amb llum natural.

Es va fotografiar l'obra amb la incidència de la radiació ultraviolada il·luminant-la mitjançant una làmpada de Wood¹ i prolongant l'exposició de la fotografia, però aquest examen no va revelar informació rellevant sobre l'obra.

L'observació amb reflectografia d'infrarojos² va permetre apreciar el dibuix preliminar subjacent, principalment a la zona de l'aurèola de la Mare de Déu, rostre i mà.

ANÀLISI DE FIBRES

Aquesta pintura al tremp sobre tela té unes mides de 136 x 78 cm. Està composta per la tela principal, més gran; i tres fragments annexos, un a la cama dreta (fragment núm. 1) i dos a la mà dreta (fragment núm. 2 i fragment núm. 3). L'objectiu de la identificació de fibres era obtenir informació sobre la composició d'aquestes teles per tal d'esbrinar si pertanyien a la mateixa peça o a teles diferents.³

Es va prendre una mostra de fil de trama i una altra d'ordit localitzades en el perímetre de cada fragment, i es va observar cada mostra de fil amb la lupa binocular a 20 augments i es va identificar la seva torsió, morfologia, color i nombre de caps. Posteriorment, les mostres es van exposar a un rentat al bany maria en una solució d'aigua desionitzada i hidròxid sòdic. Una vegada esbandides les mostres i eliminats els residus, es van separar les fibres en una càpsula de petri i es van dipositar 3 o 4 fibres sobre un portamostres amb una gota de glicerina. A continuació es van observar a través del microscopi òptic (MO)⁴ a 200 augments per la seva posterior identificació.

Tots els fils presenten torsió en Z. Les fibres formen un sol cap compacte en cada fil i algunes s'han fragmentat o desfet. El fil de trama és ondulat i el fil d'ordit és llis, a causa de la seva posició i el tibet de l'ordit en el teler.

El resultat de les anàlisis va determinar que la tela principal era d'un teixit i els tres fragments restants d'un altre teixit. Tant el color blanc del fil com la forma de cinta plana, flexible i helicoidal va determinar que tots els teixits eren de cotó.

3. Mostra M7 pertanyent al fragment núm. 3 (part inferior cama dreta).
Detall de cross section amb MO
(Fotografia: Rosa Rocabayera).



El teixit principal és industrial, de tafetà senzill format per fils primers, i presenta nusos en relleu localitzats de forma puntual en la totalitat de la superfície. La seva densitat és de 27 fils d'ordit i 28 passades de trama per cm².

Les mostres analitzades dels tres fragments van determinar que pertanyen a una mateixa tela, de trama més oberta, d'una densitat de 22 fils d'ordit i 23 passades de trama per cm². Es va observar la presència de partícules brillants en ambdós fils, possiblement restes de cola orgànica, així com restes de capa de preparació en el fil de trama.

Totes les mostres presentaven fils fràgils que es desfeien ràpidament, per això podem dir que l'estat de conservació és dolent, a causa de la inadequada exposició a la humitat que ha sofert l'obra, a l'atac biològic i a l'envelliment natural (Fotografies 1 i 2).

¹ Làmpada de vapor de mercuri, d'alta pressió i amb un filtre d'òxid de níquel.

² El visionat es realitzà a través d'una càmera Hamamatsu® Camera Head C2.400 (nm). Es basa en la radiació reflectida de l'obra davant una làmpada incandescent, detectada per un sistema sensible a la radiació IR (càmera Videcon), que es visiona a través d'un monitor connectat a un PC que permet manipular la imatge.

³ Anàlisis realitzades durant el curs 2006-2007 per l'alumna Araceli Candial Lecina i durant el curs 2007-2008 per Mónica Mora Triviño i Anahí Meyer Riera en el laboratori de l'ESCRBCC i sota la supervisió de la professora Rosa Rocabayera.

⁴ L'estudi es va realitzar mitjançant el microscopi òptic MotiC® 4-10-10-100x Lent ASC.



4. Imatge obtinguda amb estereomicroscopi del pigment i capa de preparació de la zona de color blau del mur (Fotografia: Patrimoni UB).



5. Imatge obtinguda amb estereomicroscopi del revers de la mostra on s'aprecia l'arrebossat de preparació (Fotografia: Patrimoni UB).

ANÀLISI DE PIGMENTS

En l'anàlisi de pigments, l'objectiu principal va ser identificar els estrats que componien la capa pictòrica, per tal d'entendre les causes de la seva degradació i decidir quins serien els processos d'intervenció i les condicions de conservació posteriors més adequades.

Per part de les restauradores es van realitzar estudis estratigràfics de mostres de pigment que es van preparar mitjançant l'embotició en resina de polièster, *cross section* i làmina prima, observant-les a través del microscopi òptic a 40 augments.⁵ Es va observar que el fragment principal presentava una capa

de preparació molt fina, restes de color vermellós en els peus de la imatge i de grafit en l'aurèola, pertanyents al dibuix preparatori, i una única capa de policromia molt fina en estat pulverulent. Els fragments de tela afegits no presentaven capa de preparació però sí d'imprimació, possiblement de cola orgànica, i la policromia es trobava incrustada a la tela (Fotografia 3).

⁵ Estudis realitzats durant el curs 2007-2008 per Mónica Mora Triviño i Anahí Meyer Riera en el laboratori de l'ESCRBCC i sota la supervisió de la professora Rosa Rocabayera.



6. Detall de l'estratigrafia de la capa pictòrica amb MO (Fotografia: Patrimoni UB).



7. Detall de l'estratigrafia de la preparació amb MO (Fotografia: Patrimoni UB).

8. Detall de l'estratigrafia de la capa pictòrica amb SEM amb electrons retrodispersats (Fotografia: Patrimoni UB).

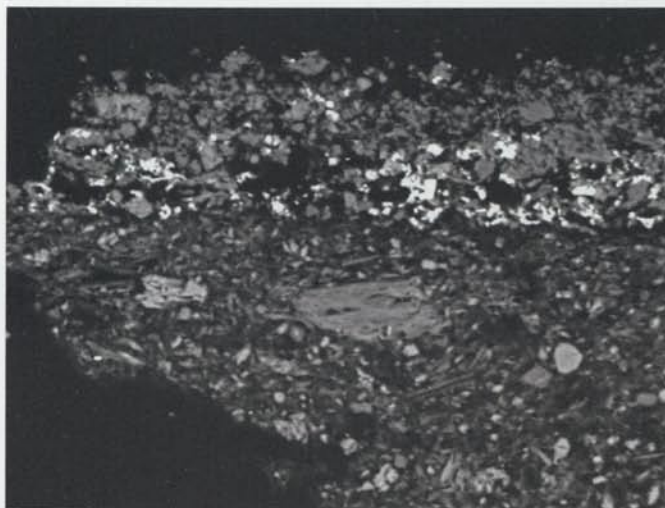
Anteriorment a la restauració de la pintura, es van poder portar a terme algunes anàlisis de composició de l'arrebossat, de la capa de preparació i de la pintura aplicada directament al mur de la volta de l'església.⁶ Concretament farem referència a les mostres més properes a la imatge de santa Anna, corresponents a la zona de color blau del cel que voreja la imatge.

Les mostres van ser estudiades i fotografiades amb un estereomicroscopi per a la seva observació més detallada. La mostra immersa en resina de polièster va ser tallada i polida per observar la seva secció amb el microscopi òptic, obtenint així les imatges de l'estratigrafia. Posteriorment aquesta mateixa secció es va recobrir amb carboni per a ser estudiada i analitzada amb el microscopi electrònic de rastreig (SEM). Els detectors d'electrons secundaris, retrodispersats i de raigs X, acoblats a aquest equip, permeten veure la morfologia del material alhora que obtenir la composició elemental de diferents zones i punts de la mostra.

També es van analitzar les diferents capes que conformen cada mostra amb micro-espectroscòpia d'infraroig (FTIR), per determinar els compostos que formen els pigments i per avaluar la possible presència d'aglutinants o recobriments de naturalesa orgànica.

Mitjançant aquestes anàlisis es va poder determinar que la capa pictòrica de la mostra estava constituïda per petites partícules blaves de forma arrodonida i de mesures regulars, la qual cosa és característica d'un pigment sintètic. També es van observar petites partícules de color groc i vermell (Fotografies 4, 5, 6 i 7).

En les imatges obtingudes amb SEM, la capa pictòrica presenta una granulometria fina i regular. Es van detectar sodi (Na), alumini (Al), silici (Si), sofre (S) i traces de calci (Ca) i potassi (K), la qual cosa indica que es tracta d'un blau ultramar ($\text{Na}_8\text{-}_{10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{22}\text{S}_2\text{-}_4$) i calcita amb una argila amb feldespatos en menor quantitat. A més en una de les partícules grogues es va detectar una gran quantitat de ferro (Fe), la qual cosa corrobora la presència d'òxids de ferro (FeOOH) de color groc (Fotografies 8 i 9).



9. Vista general de la secció. Imatge SEM amb electrons retrodispersats (Fotografia: Patrimoni UB).



⁶ Aquestes anàlisis van ser realitzades durant l'any 2007 pel grup Patrimoni UB de la Universitat de Barcelona a càrrec de Màrius Vendrell, Pilar Giráldez i Sara Boularand.

10. Detall on es pot observar la capa pictòrica atacada per diferents fongs: *Scopulariopsis* sp. (blanc), *Phoma* sp. (negre), *Aspergillus* sp. (groc verdós) [Fotografia: Rosa Rocabayera].



■ *Aspergillus sp.*

■ *Chaetomium sp.*

■ *Alternaria sp.*

■ *Scopulariopsis sp.*

■ *Phoma sp.*

11. Esquema de localització de les àrees de les diferents espècies de fongs: *Aspergillus sp.*, *Scopulariopsis sp.*, *Chaetomium sp.*, *Phoma sp.* i *Alternaria sp.*
(Realització: Araceli Candial).

Per espectroscòpia d'infrarojos es va confirmar la presència del blau ultramar i es va detectar calcita (CaCO_3), dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) i blanc de plom ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$), que podien procedir de la capa inferior. A més es van determinar oxalats de calci ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), que són el resultat de la degradació del medi orgànic utilitzat com a aglutinant.

La preparació està aplicada a dues mans. La capa més superficial que es troba en contacte directe amb la capa pictòrica, s'aprecia amb un color més blanc. Amb microscòpia electrònica es distingeixen nombroses partícules de petites dimensions que es tornen brillants al ser observades amb electrons retrodispersats com a conseqüència de la presència de plom (Pb), atribuïble al blanc de plom. Associat al plom es va detectar clor (Cl) en gran quantitat que es relaciona indirectament amb la

fabricació d'aquest pigment blanc, ja que implica diversos procediments i mètodes de purificació en els quals intervenen clorurs. També, però en menor quantitat, es va detectar magnesi (Mg) i calci (Ca), que s'atribueixen a dolomita i calcita.

La capa inferior de preparació presenta una morfologia distinta, sobretot amb microscòpia electrònica, mitjançant la qual es distingeixen cristalls allargats característics del sulfat de calci i destaquen grans d'àrid de mesures importants. Les anàlisis elementals revelen la presència de calci (Ca) i sofre (S) que s'atribueixen al guix ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Com a conclusió podem dir que es tracta d'una pintura realitzada amb blau ultramar, un pigment sintètic elaborat per primera vegada al 1828, la qual cosa indica que la pintura analitzada és

del segle XIX. Denominat també blau permanent o ultramar francès, després del seu descobriment es va convertir en una alternativa més barata que el lapislàtzuli natural. Tots els pigments ultramar són igual de permanents en estat pur però existeixen molts graus inferiors, reduïts, per a ús industrial. L'ultramar és semitransparent; no funciona massa bé en olis, on tendeix a formar pastes filamentosos i no cremoses. És totalment permanent en gairebé totes les seves aplicacions, incloent processos a altes temperatures, però es blanqueja fàcilment per acció d'àcids molt febles i de vapors àcids; el mateix succeeix amb el lapislàtzuli natural.⁷

Pel que fa al tipus d'aglutinant no es va poder identificar amb exactitud, probablement pel seu avançat estat de degradació. Només es va poder verificar que es tractava d'un aglutinant de tipus orgànic.

ANÀLISI BIOLÒGICA

La ubicació de l'obra en el seu lloc d'emplaçament, directament sobre el mur, constitueix una superfície freda sobre la qual es produeix el fenomen de condensació. Tèrmicament, l'alçada de la volta permet estrats d'aire amb gradients de temperatura que poden pujar i evolucionar temporalment en relació a l'exterior.⁸ A més, es van produir filtracions de pluja a través de la coberta de l'edifici, el que va provocar que l'obra absorbís aigua des del revers, retenint-la i provocant una gran humitat en l'anvers, tot creant un microclima d'humitat que va afavorir l'hàbitat idoni per a la proliferació de diferents i nombrosos microfongs acidòfils, com els que es trobaven en la superfície de l'obra.

També hi van contribuir altres factors importants, com el factor edàfic de la composició del suport per ésser de cotó, l'absorció capil·lar, el baix nivell de pH⁹ inicial i la pressió osmòtica.¹⁰

Atès l'important biodeteriorament de l'obra, es van realitzar anàlisis biològics.¹¹ La identificació de fongs filamentosos es

basa en l'examen macroscòpic de la colònia i en les seves característiques microscòpiques. Semblances macroscòpiques com la forma de la colònia, el color de la superfície, la textura i la producció de pigments, són útils per a la identificació.¹² Es van realitzar cultius de les mostres, amb la finalitat d'identificar el tipus de fongs, la seva reacció i l'agent d'alteració. Cada mostra de cultiu es va prendre amb una turunda estèril que es va inocular en una càpsula de petri amb un medi per al desenvolupament de fongs i bacteris (denominat agar malta). Les plaques es van col·locar a l'estufa de cultiu durant deu dies per realitzar posteriorment el reconeixement de les colònies i identificar les espècies.¹³

Les mostres es van prendre en les superfícies on cada fong es trobava més aïllat dels altres; malgrat això, a causa de la superposició entre ells, hi havia la possibilitat que en alguna mostra s'extragués més d'un tipus de fongs.

⁷ http://goya.fmc.cie.uva.es/pigmentos/consultas/cons_sin.htm (Consulta: 11/01/09).

⁸ Són condicions d'inèrcia tèrmica i elevada humitat relativa, molt fred a l'estiu i calor a l'hivern per fenòmens d'inversió tèrmica entre els dos nivells. Giulia CANEVA, Maria Pia NUGARI, Ornella SALVADORI, *Il Deterioramento biologico dei Beni Culturali*. Florència: Nardini Editore, 2005, p. 179 i 182.

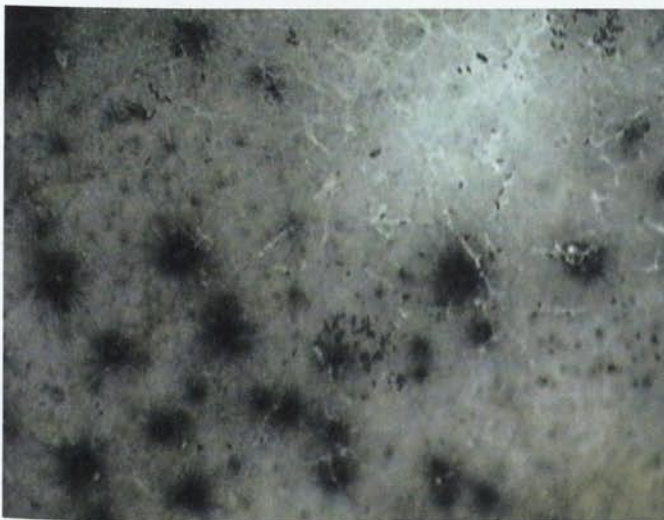
⁹ Les proves analítiques mostren un pH bàsic. No obstant això, perquè es produís el desenvolupament de l'atac biològic, el pH inicial havia d'haver estat àcid. El fenomen causant d'aquesta modificació es descriu en l'apartat de proves analítiques de pH.

¹⁰ Quan una cèl·lula està immersa en una solució aquosa amb una menor concentració de partícules respecte a les solucions citoplasmàtiques (solució hipotònica, és a dir, amb menor pressió osmòtica), l'aigua tendeix a entrar i a tornar a inflar la cèl·lula. En el cas de cèl·lules fúngiques, les rígides parets cel·lulars tendeixen a equilibrar aquesta pressió. Giulia CANEVA, Maria Pia NUGARI, Ornella SALVADORI, *La Biología en la restauración*. Guipúscoa: Editorial Nerea, 2000, p. 26.

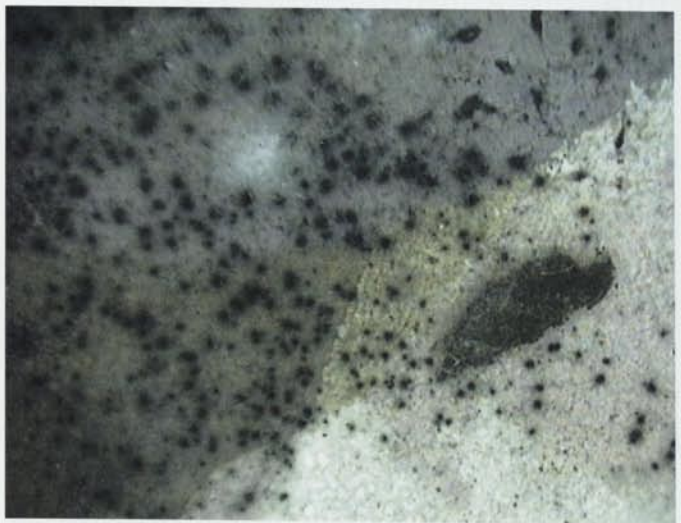
¹¹ Cultius realitzats per Araceli Candial Lecina i supervisats per la professora Rosa Rocabayera durant el curs 2006-2007 en el laboratori de l'ESCRBCC.

¹² NTP 488: Qualitat d'aire interior: identificació de fongs. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales*. www.insht.es/Inshtweb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/401%500/ntp_488.pdf

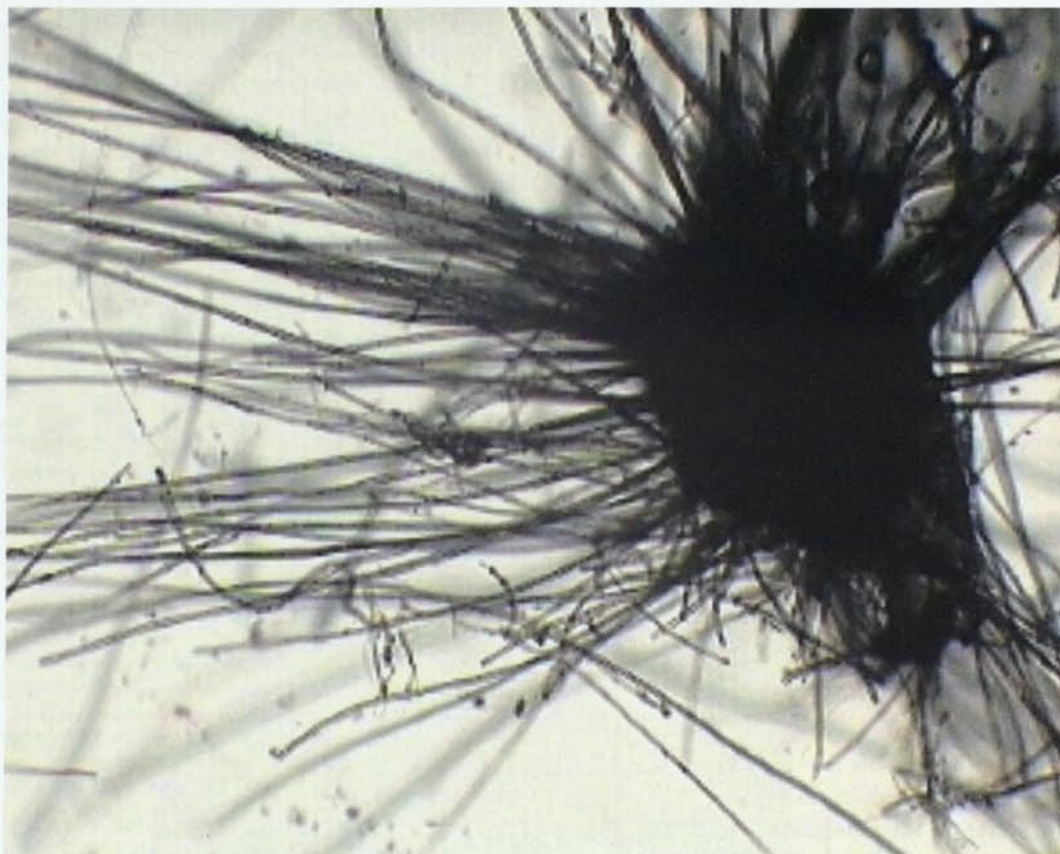
¹³ L'estudi es va realitzar amb el microscopi òptic Jemal® Carl Zeiss Jena.



12. Detall de la superfície pictòrica on s'observen taques negres corresponents a un atac de *Chaetomium* sp. (Fotografia: Rosa Rocabayera).



13. Macrofotografia de zona amb *Chaetomium* sp. (Fotografia: Rosa Rocabayera).



14. *Chaetomium* sp. vist al MO a 400 augments on es pot veure la seva estructura ascospòrica (Fotografia: Rosa Rocabayera).

Els resultats van determinar la presència de cinc tipus de fongs diferents: *Aspergillus* sp., *Scopulariopsis* sp., *Chaetomium* sp., *Phoma* sp. i *Alternaria* sp. Cada tipus ocupava espais irregulars de dimensions variades, però afectant gairebé el 80 % de la superfície pictòrica. Les zones sense fongs de l'anvers, tampoc presentaven fongs en el revers.

La seva disposició no era aïllada sinó que en moltes zones se superposaven els uns amb els altres (Fotografia 10). Això comporta que les espècies que tenen les mateixes necessitats biològiques i amb un mateix cicle, després d'un cert temps de competició, tendeixen a eliminar-se les unes a les altres, tret que per a la seva supervivència aconseguixin fer-se amb un nínxol ecològic propi, de manera que a cada moment es reafirmen aquelles que estan millor adaptades (Fotografia 11).

L'acció d'aquests microorganismes va causar danys mecànics, bioquímics i químics. En la fase inicial van "difuminar" el dibuix i el color, provocant taques blanquinoses i, posteriorment, danys estètics més evidents com modificacions del color i aurèoles. En altres fases del seu cicle vital van provocar grans taques de color.

A nivell mecànic, a més d'utilitzar la tela com a substrat de creixement, la penetració de les hifes en l'interior del suport va causar danys mecànics en les característiques del teixit, com per exemple fissures. D'altra banda, el desenvolupament dels micelis va provocar desprendiments de capa pictòrica.

A nivell químic, l'acció dels exoenzims¹⁴ utilitzats en la digestió dels fongs, va provocar que es descomponguessin els constituents de l'aglutinant, atorgant-li a la capa un aspecte pulverulent. Durant els processos respiratoris causen també fenòmens d'acidòlisi, afavorint el desenvolupament d'espècies acidòfiles. Aquests àcids produïts poden dissoldre aglutinants i accelerar el *peeling* de la pel·lícula pictòrica. La hidròlisi de la cel·lulosa¹⁵ per les cel·lulases microbianes, va canviar la consistència del teixit, tornant-lo fràgil, creant zones que presentaven diferent adhesió entre la pintura i el llenç.

Alternaria sp., *Aspergillus* sp., *Scopulariopsis* sp. i *Chaetomium* sp. són especialment nocius per la seva activitat cel·lulolítica, penetren entre les fibres fins a arribar a l'estructura interna de les mateixes, per això és freqüent trobar hifes fúngiques dins del lumen de les fibres.

¹⁴ Produïts en l'interior de les cèl·lules i alliberats sobre el substrat. Transformen molècules complexes (cel·lulosa, polisacàrids, proteïnes, etc.) en altres més simples i alliberen components que poden ser absorbits (monosacàrids i aminoàcids). Giulia CANEVA, Maria Pia NUGARI, Ornella SALVADORI, *La Biologia...*, p. 52.

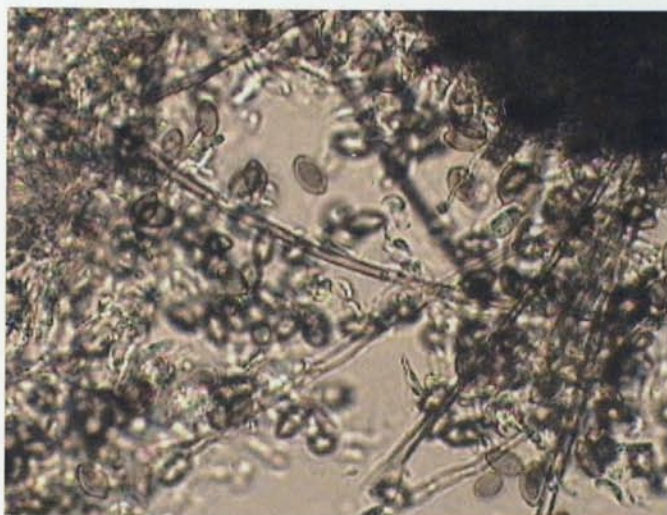
¹⁵ La presència d'elements minerals afavoreix la degradació de la cel·lulosa, en aquest cas de pigments i el contacte directe amb el mur. Com més pura sigui la cel·lulosa, més difícilment podrà ser atacada. L'aprest dels teixits, realitzats amb midons i dextrines, juntament amb l'acidesa que proporciona la cola orgànica de la capa de preparació, torna el teixit més vulnerable a l'agressió de biodeteriogens arribant a ampliar, fins i tot, el nombre d'espècies implicades. Giulia CANEVA, Maria Pia NUGARI, Ornella SALVADORI, *La Biologia...*, p. 95 i 108.

15. *Chaetomium* sp. vist amb MO a 1000 augments, on s'observen les espores fora de l'asc (Fotografia: Rosa Rocabayera).

A continuació es descriuen les principals característiques dels fongs localitzats:

***Chaetomium* sp.**

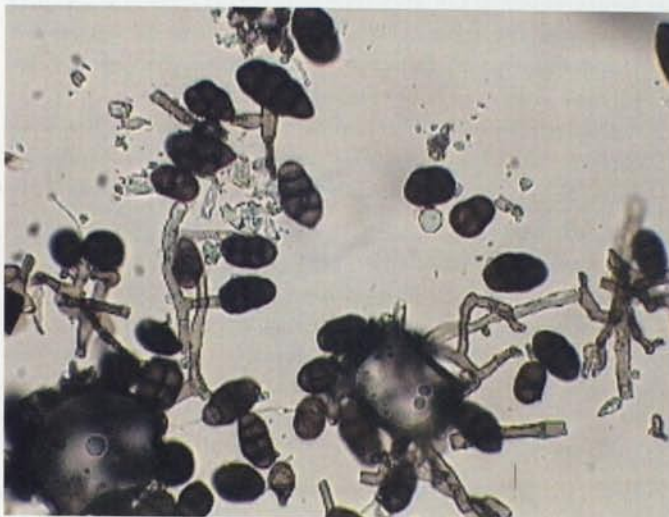
- Espècie: pertany al grup dels ascomicets. En l'actualitat, en el gènere *Chaetomium* sp. s'accepten 105 espècies. És un fong contaminant i un dels agents causants d'infeccions en els éssers humans, responsable, entre d'altres, d'immunodepressió, malalties subcutànies, peritonitis i onicomicosi.¹⁶
- Característiques morfològiques: les colònies del *Chaetomium* sp. són de creixement ràpid, de color marró, oliva o gris, d'aspecte granular i cotonós. Pot presentar o no exsudats o produir pigments difusibles en diversos medis de cultiu i, en general, manquen d'olor, els ascomes ostiats, generalment són superficials. Les espores són unicel·lulars, pràcticament incolores quan són joves, de color marró o gris oliva quan maduren, més o menys translúcides, i poden tenir 1 o 2 porus germinatius.
- Descripció de l'hàbitat: presenta una distribució cosmopolita. S'alimenta lisotròficament i creix sobre els substrats més variats: despulles, sòl, aigua de mar, fusta en descomposició, llavors, fibres tèxtils, paper, cartró, fotografia, segells de cera, cuir, materials sintètics i fins i tot cintes magnètiques.¹⁷ Es reproduïx en condicions d'humitat i temperatura elevades. Quan els aliments propers al fong s'esgoten, aquest ha de continuar creixent, i ho aconsegueix allargant-se i penetrant més en el substrat (Fotografies 12, 13, 14 i 15).



16. Detall de la zona atacada per *Scopulariopsis* sp. i *Aspergillus* sp. (Fotografia: Rosa Rocabayera).

***Aspergillus* sp.**

- Espècie: pertany al grup dels deuteromicets i inclou 900 espècies. Unes 12 d'elles s'han classificat com a agents causants de malalties a l'home com al·lèrgies (rinitis o asma), infeccions en els pulmons i onicomicosi.
- Característiques morfològiques: les més destacables són el grau de creixement, el color de la colònia i la termotolerància. El color de les colònies té diferents tons de verd, marró, groc, blanc, gris i negre. Els caps conicoidals presenten sota el microscopi quatre formes bàsiques: globosa, radiada, columnar o claviforme i, a primera vista, les més grans solen semblar diminutes agulles sobre el substrat.



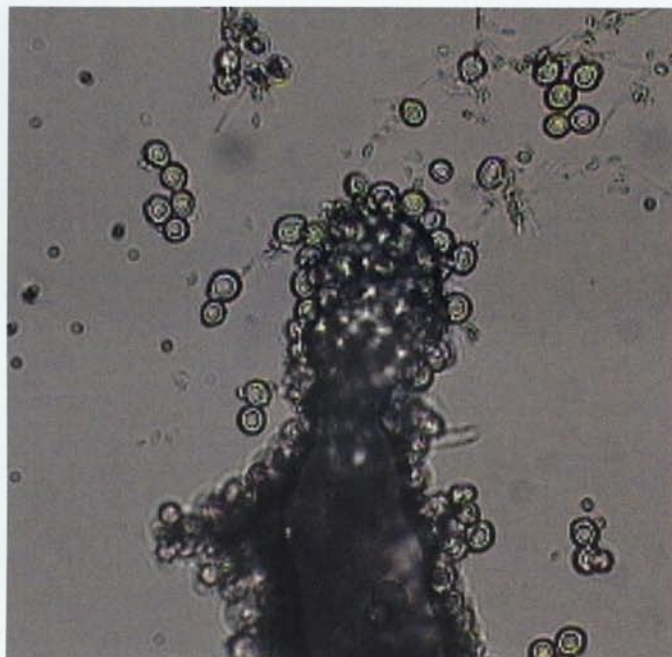
17. *Alternaria* sp. vist al MO a 1000 augments, on s'observen les espores i les hifes (Fotografia: Rosa Rocabayera).

¹⁶ Kendra Catalina RODRÍGUEZ, *Estudio Taxonómico (morfológico y molecular) de especies del género Chaetomium y géneros afines*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili. Facultat de Medicina i Ciències de la Salut. Departament de Ciències Mèdiques Bàsiques, 2003. http://www.thesisenxarxa.net/TESIS_URV/AVAILABLE/TDX-0625103-172550/Tesidoctoral.pdf

¹⁷ Fausta GALLO, *Il Biodeterioramento di libri e documenti*. Roma: ICCROM, 1992, p. 57.



18. Detall de la zona atacada per *Scopulariopsis* sp. (Fotografia: Rosa Rocabayera).



19. *Scopulariopsis* sp. vist al MO a 1000 augments, on s'observen les espores i les hifes (Fotografia: Rosa Rocabayera).

- Descripció de l'hàbitat: és un fong filamentós, que es troba a la natura, present en l'aire domèstic en un 37 % de les mostres.¹⁸ Es desenvolupa sobre materials cel·lulòsics, cuir, adhesius animals i vegetals, fotografia, segells de cera i tintes.¹⁹ No experimenta reproducció sexual de l'espóra. La ubiqüitat del *Aspergillus* sp. és a causa de la seva capacitat per créixer a diferents temperatures sobre substrats amb divers contingut en humitat. La colonització es produeix de forma explosiva quan la humitat relativa s'eleva sobre el 70 % sense que es desencadeni encara el fenomen de brotació. El rang de temperatura de creixement oscil·la de 0-5° C per a *A. Glaucus*, fins a 50-55° C per a *A. Fumigatus*, essent òptim entre 30-33° C per a la majoria de les espècies²⁰ (Fotografia 16).

***Phoma* sp.**

- Espècie: pertany al grup dels dematicets i conté nombroses espècies, de color i morfologia de conidies diferents. Rarament causen infeccions en humans, encara que pot produir desordres subcutanis i al·lèrgies.²¹
- Característiques morfològiques: les colònies de *Phoma* sp. creixen molt ràpidament. Són planes i pulverulentes. Inicialment són de color blanc, i posteriorment es tornen grises i el revers és fosc (marró-negre). Sobre pintures murals produeixen taques roses o violàcies.
- Descripció de l'hàbitat: és un fong patògen comú de les plantes. Ataca materials cel·lulòsics com paper, cartró o teixit. El desenvolupament òptim es produeix a 15-25° C, principalment, a la primavera i a l'hivern.

***Alternaria* sp.**

- Espècie: pertany al grup dels deuteromicets i conté unes 50

espècies. És responsable de produir al·lèrgies i símptomes respiratoris i intestinals (astènia i nàusees).²²

- Característiques morfològiques: els conidis d'*Alternaria* sp. tenen setpes transversals i longitudinals i se'ls coneix com a dictiospores, a més són marrons i acabats en forma de punxa. Neixen per la brotació apical d'una cèl·lula conidiògena o de l'espóra anterior, donant lloc en aquest últim cas a una cadena que sol ramificar-se si una espóra produeix més d'un brot. La forma dels conidis, el color (des de blanc inicialment fins a marró grisenc, marró oliva, gris o negre) i la superfície de la colònia varia dins d'aquest grup d'espècies. Les colònies tenen un aspecte granular, pla i suau. Creix ràpidament i es troba coberta per les hifes grises i curtes.²³
- Descripció de l'hàbitat: és un fong cosmopolita que es troba sovint suspès en l'aire. Ataca material cel·lulòsic, cuir, pergamí, adhesius animals i vegetals, materials sintètics, segells de cera i cintes magnètiques.²⁴ És comú observar en els fongs una plasticitat morfològica. Quan les espècies d'*Alternaria* sp. creixen en medis rics i a la foscor sota condicions ambientals no controlades, es forma un excés de

¹⁸ Segons NTP 488: Qualitat d'aire interior: identificació de fongs...

¹⁹ Fausta GALLO, *Il Biodeterioramento...*, p. 57.

²⁰ Leonor CARRILLO, *Los hongos de los alimentos y los forrajes*. Universidad Nacional de Salta, 2003, p. 44. <http://www.unsa.edu.ar/matbib/hongos/01htextomohos.pdf> (Consulta: 16/01/09).

²¹ <http://www.firstchoicemold.com/Molds.htm> (Consulta: 16/01/09).

²² Paolo MANDRINI, Giulia CANEVA, Cristina SABBIONI, *Cultural Heritage and Aerobiology. Methods and Measurement Techniques for Biodeterioration Monitoring*. Bolonya: SEPS, 1998, p. 37-38.

²³ Leonor CARRILLO, *Los hongos...*, p. 81-83.

²⁴ Fausta GALLO, *Il Biodeterioramento...*, p. 57.



miceli aeri que afecta al desenvolupament tridimensional de l' esporulació. L' esporulació d' *Alternaria sp.* és òptima a 27° C però és inhibida per sota de 15° C o per sobre 3° C, encara que el rang de creixement és entre 0 i 35° C (Fotografia 17).

Scopulariopsis sp.

- Espècie: pertany al grup dels deuteromicets i conté diverses espècies.
- Característiques morfològiques: colònies de creixement ràpid. Inicialment presenta un miceli en forma de plomes, blanc, prim i vellós que amb el temps es torna de color crema, gris, canyella, marró fins a negre, sent el marró clar el color més comú. En aquest gènere, les cèl·lules conidiogèniques usualment són dematiacees, poden ser solitàries o organitzades en grups. Els conidis són globosos o piriformes, de paret gruixuda, usualment amb la base truncada, llisos o rugosos i de color marró o hialins.
- Descripció de l' hàbitat: la majoria dels membres d' aquest gènere són habitants propis del sòl, fems i residus de plantes. Ataca material cel·lulòsic, cuir, pergami, segells de cera i fotografia. També existeixen algunes espècies com *S. Brevicaulis*, que han estat associades amb malalties com onicomicosi i hialohifomicosi²⁵ (Fotografies 18 i 19).

ANÀLISI DE PH

Les primeres anàlisis del pH del revers de la tela es van realitzar després de la primera desinfecció ja que, com s' ha explicat, l' atac biòtic era tan important, que podia afectar a la salut de les restauradores durant la manipulació. Els primers resultats van determinar un pH que oscil·lava entre els valors 8 i 7.

Aquests resultats suposaven una contradicció enfront de l' estat de conservació de la tela, que sofria l' atac biòtic de fongs acidòfils. La posterior investigació va determinar que, a causa de la composició de la preparació del mur a base de sulfat càlcic, la capil·laritat, condensació i filtració d' humitat a través del mateix, van produir una migració de sals que viatjant des del revers de la tela van augmentar la basicitat a l' anvers. L' atac biòtic es va iniciar a l' anvers ja que les condicions de conservació havien propiciat un estat d' acidesa. La basicitat del revers va anar avançant fins a arribar a l' anvers i els fongs diposats en la superfície es van adaptar al medi alcalí.

Amb el procés de desinfecció, mitjançant la neteja mecànica i la vaporització de clorur de benzalconi (sal d' amoni quaternari²⁶), hi havia la possibilitat que s' elevessin els valors de pH a molt bàsics. Es van prendre mesures després d' aquests processos. Els resultats van concloure que la basicitat de la tela es va reduir 1,5 respecte a l' anàlisi anterior, augmentant la seva acidesa, per la qual cosa la desinfecció i neteja van permetre a la tela, lliure d' impureses i d' atac biòtic, equilibrar el seu pH.

Proceso de análisis físico-químicos aplicados a la pintura sobre tela de santa Ana

Las técnicas analíticas aplicadas a la restauración de una obra de arte son básicas para conocer los materiales que componen la obra. Para ello es necesaria una tarea interdisciplinaria entre diversos profesionales, con el fin de aplicar las tecnologías que solucionen estas necesidades y permitan operar con resultados más precisos antes y durante el proceso de restauración.

Mónica Mora Triviño. *Técnica Superior en Artes Aplicadas al Muro por la Escuela de Artes Plásticas y Diseño Llotja y estudiante de Conservación y Restauración de Pintura de la ESCRBC.* monipenni@hotmail.com

Anahí Meyer Riera. *Licenciada en Historia del Arte por la Universidad de las Islas Baleares y estudiante de Conservación y Restauración de Pintura de la ESCRBC.* anahi321@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El análisis de los materiales que componían la obra, así como el conocimiento de las patologías en curso, eran necesarios para realizar los diagnósticos que permitieran seleccionar los criterios de intervención apropiados respetando los materiales originales, detuvieran las causas de degradación, restituyeran la visibilidad y, con ello, la unidad potencial de la obra de arte, permitiendo prevenir futuras degradaciones.

Se analizó toda la superficie de la obra someténdola a la incidencia de diferentes tipos de luz (rasante, transmitida, ultravioleta e infrarroja), con el fin de documentar el estado de conservación tanto a nivel de soporte como de capa pictórica.

Se realizaron estudios de composición de la tela de soporte y de la capa pictórica, también de pH de la tela y finalmente se realizó un extenso estudio del importante ataque biológico que afectaba la superficie de la capa pictórica.

ESTUDIOS PRELIMINARES CON DISTINTOS TIPOS DE LUZ

La incidencia de la luz rasante puso de manifiesto las irregularidades y desperfectos de la tela o las rugosidades de la superficie imperceptibles a simple vista, así como la gran capa heterogénea de hongos mostrando las diferentes texturas y grosores. En el reverso se apreciaron pequeñas irregularidades del tejido como nudos, cosidos y una brizna de paja.

La observación con luz transmitida permitió apreciar los detalles de algunas de las degradaciones; en concreto, los numerosos rasgados, pérdidas de materia y cortes, así como la densidad de las capas de pintura que en general se presentaban delgadas y uniformes, sufriendo pérdidas y desgaste en algunas zonas puntuales. También permitió apreciar cuarteados no perceptibles en el espectro visible a los que denominamos microcuarteados, diferenciándolos de este modo, de los cuarteados apreciados con luz natural.

Se fotografió la obra con la incidencia de la radiación ultravioleta iluminándola mediante una lámpara de Wood¹ y prolongando la exposición de la fotografía, pero este examen no reveló información relevante sobre la obra.

²⁶ http://www.fichasdeseguridad.com/cloruro_benzalconio.htm (Consulta: 07/10/08).

²⁵ <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do?jsessionid=2526D27354EE1B6C186796C20FA27CC3?idBuscar=543&method=displayAAT> (Consulta: 16/01/09).