

# Estudio y análisis de los procesos de alteración por agentes microbiológicos en obras pictóricas sobre lienzo expuestas en claustros de conventos y monasterios del centro histórico de Quito, Ecuador

## **Fernando Poyatos Jiménez**

Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de Ecuador  
UTE Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito. Ecuador  
fpoyatos1@us.es  
fernando.poyatos@ute.edu.ec

## **Rosa Morales Cabrera, Lourdes Cevallos Paredes y Carla Freile**

UTE Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito. Ecuador

## **Fátima Morales**

Sbarro Institute for Cancer Research and Molecular Medicine  
Temple University. Filadelfia. Pensilvania. EE. UU.

**Resumen:** El centro histórico de la ciudad de Quito (Ecuador) fue declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad en el año 1978. En lugares de culto como los claustros de los conventos y monasterios se encuentran expuestas obras pictóricas en ambientes donde la acción microbiológica puede desarrollar episodios de alteración en los materiales artísticos. Las obras analizadas en este trabajo de investigación pertenecen a los conjuntos monumentales de los conventos de San Francisco, Santo Domingo y Santa Clara. Para su estudio, se han analizado los agentes microbiológicos presentes mediante técnicas tradicionales de identificación microbiológica. Estos microorganismos permitieron la realización de estudios experimentales con materiales artísticos de referencia en donde fueron inoculados. Con los resultados obtenidos podremos seguir recabando interesantes datos en nuestras investigaciones encaminadas a establecer protocolos para el control del comportamiento de los materiales artísticos ante la acción microbiológica y el establecimiento de propuestas de conservación preventiva para su posterior aplicación al patrimonio quiteño.

**Palabras clave:** Quito, claustros, microbiología, pintura, conservación preventiva.

**Abstract:** The historic center of Quito, Ecuador, was declared a UNESCO World Heritage site in 1978. In worship places, such as cloisters of convents and monasteries, you can find artwork that is exposed in environments where the microbiological action could develop alteration processes in the artistic materials. The pieces of art of the study belong to the Convents and

Monasteries of San Francisco, Santo Domingo and Santa Clara. For this research, we achieved an environmental monitoring and we studied the microbiological agents that appear in the artwork by traditional techniques of microbial identification. In order to analyze the preventive conservation treatments, we carried out experimental studies with artistic materials of reference. These results could improve the setup of protocols for the control of materials against the microbiological action, as well as the arrangement of preventive conservation proposals, in order to be employed in the cultural heritage of Quito.

**Keywords:** Quito, cloisters, microbiology, painting, preventive conservation.

## Introducción

El centro histórico de Quito recibió su máxima distinción en el año 1978 cuando fue declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad considerándose hoy como el centro histórico más grande de Sudamérica. El patrimonio mueble que alberga y que se resguarda en el interior de monasterios, conventos, iglesias y museos es muy extenso y gran parte de él se expone actualmente en los claustros. En estos espacios se ubican importantísimos conjuntos pictóricos junto a otras obras como retablos, alfarjes, pinturas murales, sepulcros, etc., como ocurre en los conventos de San Francisco (figura 1), Santo Domingo (figura 2) y Santa Clara.



**Figura 1.** Claustro principal del convento Máximo de San Francisco de Quito. Fotografía: Fernando Poyatos.



**Figura 2.** Claustro del convento de Santo Domingo (ala este). Fotografía: Fernando Poyatos.

La estructura y ubicación espacial de estos claustros en el interior de los conjuntos monumentales es diversa en su tamaño, altura, orientación, etc. En algunos de ellos encontramos también interesantes y pintorescos conjuntos ajardinados que aportan un elemento exótico al carácter místico y religioso de las edificaciones.

Todos estos aspectos, junto a unas condiciones ambientales específicas, requieren del establecimiento de actuaciones concretas en materia de conservación preventiva. También la falta de asesoramiento o de formación del personal encargado del mantenimiento puede desembocar en actuaciones de conservación inapropiadas y actuaciones parciales en este sentido. Algunas de las obras más expuestas a las inclemencias medioambientales y a la falta de mantenimiento y control son las pinturas sobre lienzo. Por ello, y como primer paso del estudio llevado a cabo en nuestro proyecto, exponemos los resultados obtenidos en cinco obras pertenecientes a las tres instituciones religiosas antes citadas y que se ubican en el lado sur del centro histórico de Quito.

Para comenzar a abordar el estudio del biodeterioro en pintura sobre lienzo es necesario contextualizar cuáles son las características que definen este tipo de alteraciones. Durante los últimos años el estudio y análisis del biodeterioro en obras de arte ha experimentado una enorme evolución, ya que se requerían nuevos estudios científicos para intensificar el conocimiento en este campo específico de la conservación y restauración. Durante este tiempo se han realizado importantes aportes desde distintos grupos de investigación repartidos en diferentes ámbitos científicos y culturales a nivel mundial y se han desarrollado nuevas técnicas y protocolos para su estudio (Caneva, Nugari y Salvadori, 2005: 500; Sterflinger, 2010: 47-55; Piñar *et al.*, 2015: 849-859). La obra pictórica realizada sobre lienzo presenta una gran complejidad dada su constitución mixta de materiales orgánicos e inorgánicos dispuestos en delgadas capas de muy diverso carácter y función. Hasta hace pocos años la descripción de las alteraciones producidas por la acción de los microorganismos se mostraba mayoritariamente de forma macroscópica, describiendo los procesos de deterioro que tenían lugar en la estructura interna de las obras en donde los soportes textiles actuaban como material orgánico principal que suponía el mayor aporte de nutrientes para que, en unas condiciones medioambientales

concretas, tuvieron lugar episodios de crecimiento y alteración microbiológica de hongos y bacterias (Caneva, Nugari y Salvadori, 2000: 277). Se analizaba la acción enzimática y las sustancias de excreción generadas por estos microorganismos en estudios aportados por equipos de investigación surgidos de ámbitos como la química orgánica, la farmacia, la tecnología de los alimentos, las ciencias ambientales, etc. A todos ellos se sumaron estudios que comenzaron a aplicar decisivas técnicas analíticas surgidas de la biotecnología en donde ya se ha hecho indispensable describir, mediante el empleo de técnicas moleculares, la especie concreta que interviene en los procesos de alteración, así como otros aspectos específicos necesarios para entender y justificar los procesos de biodeterioro (Sterflinger, 2010: 47-55). En este sentido se ha avanzado muchísimo en la descripción y diagnóstico de este tipo de alteraciones.

En cuanto a las técnicas microscópicas, quizá el empleo de la microscopía electrónica de alta resolución ha logrado por fin describir visualmente lo que ocurre en el interior de los estratos pictóricos y se han podido desarrollar gracias a ello nuevos modelos gráficos (Poyatos, 2007: 175) que han apoyado las tesis establecidas anteriormente en la literatura (figura 3).

Para ello, una de las metodologías que más ha aportado a estos avances han sido los estudios experimentales realizados en laboratorio mediante el empleo de probetas preparadas con distintos materiales y soportes pictóricos, en donde –una vez inoculados los microorganismos y sometidos a unas condiciones medioambientales específicas– lográbamos realizar un seguimiento de su evolución y de las alteraciones que tenían lugar (Inoue y Koyano, 1991: 23-55; Seves, Sora y Ciferri, 1996: 215-224; Poyatos, 2007: 175; Romero *et al.*, 2010: 1-8; Paner, 2012: 114-120; López *et al.*, 2013; Mandana y Nuruladidabt, 2014: 47-54; Pavic, 2015: 40-50). El análisis de la constitución de los materiales artísticos de referencia antes y después de estos estudios nos permitían conocer qué procesos se suceden como consecuencia de la acción

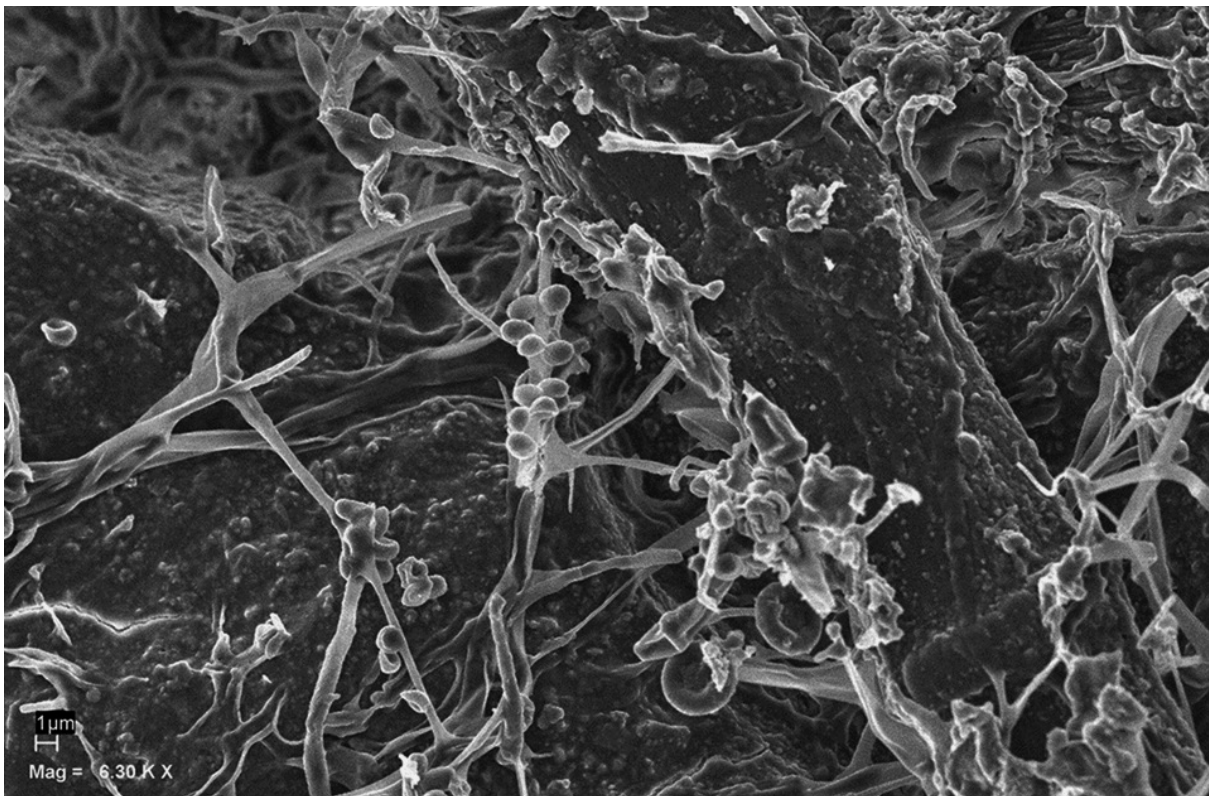


Figura 3. Fotografía FESEM. Alicia González-Fernando Poyatos. CIC-UGR.

microbiana y compararlos con aquellos procesos de alteración que se producían por la propia desnaturalización de los componentes de los materiales. Se analizaban bien en conjunto o por separado las alteraciones del soporte y sustancias filmógenas como principales materiales orgánicos y las consecuencias físico-químicas en las sustancias de carga y pigmentos minerales.

Sin embargo, gran cantidad de los trabajos realizados se han encaminado al estudio y análisis del diagnóstico y menos a la elaboración de propuestas reales de conservación. Este aspecto se debe además a la dificultad que supone la metodología de aplicación de tratamientos efectivos. El análisis del biodeterioro producido por microorganismos en pintura sobre lienzo entraña una dificultad extraordinaria que el estudio de otras disciplinas puede abordar asumiendo menores riesgos. Este aspecto –además de no facilitar el empleo de técnicas analíticas– es un factor determinante para realizar tratamientos que garanticen, por un lado, la eliminación del microorganismo que interfiere, y por otro, lograr respetar todos y cada uno de los materiales artísticos sin que se afecte a la composición química y a la imagen estética que finalmente esta configura.

## Material y métodos

### Obras pictóricas

Las obras estudiadas pertenecen a la creación pictórica quiteña de los siglos XVII y XVIII. De ellas se tomaron previamente muestras que permitieron la identificación de distintos géneros de microorganismos. Del monasterio de San Francisco se analizaron las obras *Aparición de la Virgen en la Porciúncula* y *La entrada de Jesús en Jerusalem*, ambas del siglo XVIII, expuestas en el claustro principal. Del convento de Santo Domingo las obras estudiadas fueron *Santa Teresa de Ávila* y *San Francisco de Asís* de los siglos XVII y XVIII, que actualmente se encuentran en el claustro mayor y, finalmente, del convento de Santa Clara la obra *La Divina Pastora*, del siglo XVIII, expuesta en los muros de las escaleras del claustro mayor (figura 4).



**Figura 4.** *La Divina Pastora*. Autor: anónimo. Convento de Santa Clara. Óleo sobre lienzo. 191 x 290 cm. Siglo XVIII. Fotografía: Fernando Poyatos.

## Microorganismos

Después de una primera fase de toma de muestra microbiológica se identificaron diversos géneros de hongos y bacterias obtenidos mediante cultivo en placas Petri. Para este primer estudio experimental de hongos se emplearon los siguientes microorganismos: *Alternaria*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Ulocladium*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Cladosporium* y *Paecilomyces*.

Para la obtención de cultivos frescos se realizaron suspensiones en solución salina estéril, y se inocularon en medios de cultivo adecuados, líquidos y sólidos, incubándolos a 25 °C y 85 % de humedad relativa hasta la aparición de crecimiento. Los resultados fueron extensos, por lo cual se realizó una selección de las colonias fúngicas predominantes y las que se encontraron en más de una de las obras.

## Obtención de suspensiones fúngicas

Se obtuvieron a partir de cultivos sólidos en «pico de flauta» de 48-72 horas añadiendo 2 ml de solución de Tween 20. Tras agitación, la suspensión obtenida se centrifugó y el *pellet* se lavó tres veces con agua destilada estéril para eliminar los restos de medio de cultivo. Finalmente se suspendieron en agua destilada estéril.

## Preparación de soportes pictóricos textiles con materiales artísticos de referencia

Mediante técnicas estratigráficas y cromatográficas realizadas previamente pudimos identificar los materiales artísticos que componen las obras analizadas. Estos resultados, junto a la investigación histórico-artística de las técnicas pictóricas utilizadas en Quito entre los siglos XVII-XVIII, proporcionaron la información necesaria para la preparación de los soportes, así como aglutinantes, materiales filmógenos y sustancias de carga empleadas en la preparación de probetas en donde se inocularon los distintos microorganismos.

### *Soporte textil*

Se prepararon con pequeñas probetas de 3 × 3 cm de tela de fibra de lino con un sisado de cola animal al 12 %, utilizado en obras pictóricas. Su composición en celulosa es de un 76 %-88 %, altamente cristalina (orientación molecular paralela al eje de la fibra), 19 % de hemicelulosa, 6 % de pectina y 3 % de cera.

### *Base de preparación*

Empleada para recibir la capa pictórica, consta de una carga inerte y un aglutinante con propiedades secantes y adhesivas. Este estrato se preparó por duplicado con la finalidad de atender a las distintas composiciones analizadas en los materiales originales de las obras y que respondían a las técnicas empleadas en la pintura quiteña de los siglos XVI-XVIII y que empleaban una preparación acuosa a base de cola animal y otra preparación aceitosa que se prepara con aceite de linaza.

Base de preparación magra:

- Carbonato de calcio + Cola de conejo: adhesivo animal fabricado mediante la cocción de residuos de piel y cartílagos; por lo tanto, en su composición hay principalmente sustancias proteicas.

Base de preparación grasa:

- Carbonato de calcio + Aceite de linaza + Óxidos de hierro (ayuda a secar la preparación más rápidamente y agrega coloración tierra a la preparación).

Con la finalidad de poder visualizar el crecimiento de microorganismos de manera selectiva, en este estudio experimental descartamos la inclusión de capas pictóricas compuestas por pigmentos y aglutinantes de manera que el crecimiento pudiera ser visible directamente desde la capa de preparación hasta la capa de protección.

Las sustancias filmógenas empleadas como capa de protección fueron:

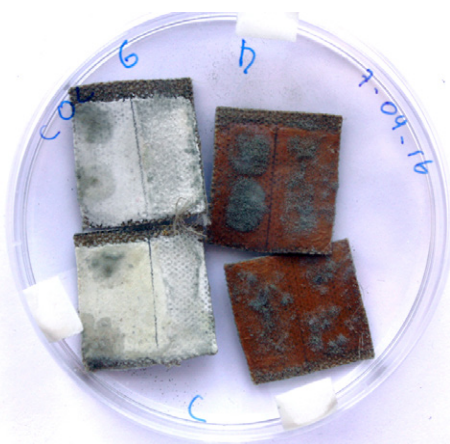
- **Barniz Dammar.** Resina de origen vegetal del exudado de árboles de zonas como Indonesia y Filipinas de la familia *Dipterocarpaceae*. Compuesta por triterpenos, es clara, elástica y forma un film muy brillante. Es una de las resinas más utilizadas en el arte a pesar de que pierde sus características y su tonalidad se hace amarillenta con la luz y el tiempo. Se disuelve en solventes aromáticos, *white spirit* o esencia de trementina.
- **Barniz Copal.** Resina natural compuesta por diterpenos, obtenida de plantas naturales como los poríferos. Son resinas muy duras y tienen una temperatura de fusión elevada, la cual se tuvo que superar para poderla disolver en esencia de trementina.

### Inoculación de las probetas

Fueron preparadas 64 probetas: 32 con base de preparación grasa y 32 con base de preparación magra; 16 de cada grupo fueron barnizadas hasta la mitad con barniz Dammar, y las otras 16 con Copal. En la mitad izquierda de cada probeta se inocularon 100 ml de las correspondientes suspensiones de los microorganismos seleccionados sobre la capa de barniz aplicada y la mitad derecha se utilizó también inoculada como control del crecimiento sin barniz.

Las muestras se ordenaron de la siguiente manera:

- Dos probetas de base de preparación aceitosa y dos probetas de base de preparación acuosa, uno para cada tipo de sustancia filmógena (barniz). Posteriormente fueron introducidos en placas Petri y se incubaron en una cámara húmeda a 25 °C y al 85 % de humedad, en ausencia total de luz.



### Observación y documentación

El seguimiento y documentación fotográfica de la evolución de las placas se realizó mediante cámara digital Canon. Se realizaron tres tomas de una, tres y cinco semanas (figura 5).

**Figura 5.** Placa con probetas inoculadas con cinco semanas de incubación. Se muestra la evolución de los soportes. Fotografía: Carla Freile-Fernando Poyatos.

## Resultados

### Alteraciones físicas

La alteración de los soportes se manifestó, en primer lugar, por el cambio de coloración del barniz provocado por una oxidación del mismo volviéndose en un tono amarillento. Los cambios se manifiestan tanto en los controles como en los soportes inoculados con los microorganismos.

### Alteraciones debidas a los microorganismos

En la tabla 1 se muestra la evolución del crecimiento de los microorganismos sobre los soportes. El crecimiento se evaluó según un índice numérico del 1 al 5 siendo el 1 = 1-10 %, el 2 = 10-25 %, el 3 = 25-50 %, el 4 = 50-75 % y el 5 = 75-100 % de cobertura.

Tabla 2 Hongos	Copal		Dammar		Sin barniz	
	Base preparación aceite	Base preparación cola	Base preparación aceite	Base preparación cola	Base preparación aceite	Base preparación cola
COL-1 <i>Alternaria</i>	1	1	1	2	0	3
COL-2 <i>Alternaria</i> (Especie <i>Alternata</i> )	1	5	0	4	3	0
COL-3 <i>Rhizopus</i>	1	2	1	3	0	3
COL-4 <i>Aspergillus</i>	1	3	0	3	1	0
COL-5 SF3 <i>Alternaria</i>	0	1	0	2	0	0
COL-5 SD2 <i>Ulocladium</i>	2	0	0	1	0	0
COL-6 <i>Penicillium</i>	1	4	0	1	1	0
COL-7 <i>Penicillium</i> (Especie <i>carneum</i> )	1	5	0	4	0	2
COL-8 <i>Penicillium</i> (Especie <i>citrinum</i> )	2	3	1	4	0	0
COL-9 <i>Fusarium</i>	0	3	0	2	0	3
COL-10 <i>Mucor</i>	0	4	0	2	0	1
COL-11 <i>Cladosporium</i>	1	4	3	3	0	0
COL-12 <i>Paecilomyces</i>	0	3	2	2	1	5
COL-13 <i>Fusarium</i> (Especie <i>Oxysporum</i> )	1	0	0	3	0	2
COL-14 <i>Aspergillus</i> (Especie <i>versicolor</i> )	1	1	1	2	3	1
COL-15 <i>Aspergillus</i> (Especie <i>Aspergillus niger</i> )	2	5	0	2	0	1



Durante el periodo de incubación comenzó la aparición de colonias de microorganismos así como microfisuras y microdescamaciones dependiendo del tipo de material y del microorganismo inoculado.

## Discusión

La estabilidad de cualquier obra de arte depende de dos elementos fundamentales: del material del cual está construida, y de las condiciones a las que ha estado sometida a lo largo del tiempo. Estos aspectos son determinantes en las alteraciones producidas por el biodeterioro, ya que los microorganismos actúan de una forma extraordinariamente selectiva.

Teniendo en cuenta su composición, los materiales se pueden dividir en dos grandes grupos: materiales orgánicos y materiales inorgánicos, siendo los primeros, en general, mucho más susceptibles a la acción de los agentes degradantes. La humedad y la temperatura son los principales parámetros a tener en cuenta en estos procesos degradativos. Ambos factores favorecen la desintegración física, química y biológica, ya que de un lado aceleran el desarrollo del proceso de degradación, y de otro, son determinantes para el crecimiento de los microorganismos.

La humedad incide en los procesos de deterioro relacionados con las alteraciones dimensionales, que pueden dar como resultado el torcimiento de las fibras textiles y la aparición de grietas en las reacciones de deterioro químico y en el biodeterioro. Por otro lado, la temperatura es importante por el papel que desempeña en las velocidades de las reacciones del deterioro químico y por los cambios mecánicos que produce en las estructuras de los materiales.

La temperatura ideal para el crecimiento de hongos se sitúa entre los 15 °C y los 25 °C y para las bacterias entre los 20 °C y 30 °C. El rango de humedad en que pueden desarrollarse estos microorganismos oscila entre el 85 %-90 % (Seves, Sora y Ciferri, 1996: 215-224).

Giacobini *et al.* (Giacobani, Pedica y Spinucci, 1991: 93-112) resumieron el proceso de alteración del estrato pictórico y del soporte textil de una pintura sobre tela en varias fases (tabla 2).

En este estudio hemos podido confirmar la influencia determinante que ejercen en los procesos de biodeterioro estos factores ambientales, así como las características estructurales tales como el tipo de soporte y otros materiales orgánicos constituyentes de la obra de arte,

**Tabla 2**  
**Fases del biodeterioro en pintura sobre lienzo. Giacobini *et al.*, 1991**

Fases del proceso de alteración	Estrato pictórico	Soporte textil
<b>Fase inicial</b>	Vetas blancas, colonias fúngicas aisladas.	Micelio en forma de veladuras. Micelio inicial formando manchas y estratos continuos.
<b>Fase aguda</b>	Velos micélicos más o menos expandidos	Micelio aterciopelado con espesor variable entre 2 mm y 50 mm.
<b>Fase final</b>	Manchas de varios colores y dimensiones. Levantamiento del color.	Ausencia de micelio evidente, manchas más o menos pulverulentas y tela desgastada.

como los aglutinantes y las sustancias filmógenas. Los hongos que presentaron crecimiento evidente fueron del género *Alternaria*, *Aspergillus* y *Penicillium*, principalmente, y en menor medida *Mucor*, *Cladosporium* y *Rhizopus*, todos ellos conocidos como importantes agentes de biodeterioro.

Por lo tanto, y tal como describieron Caneva *et al.* (Caneva, Nugari y Salvadori, 2000: 277), los procesos de biodeterioro de los materiales se producen a través de mecanismos de distintos tipos: procesos físicos o mecánicos (fractura y disgregación) y procesos químicos (hidrólisis y descomposición). Generalmente estos procesos de alteración tienen lugar de forma simultánea, pero dependiendo de los agentes biodeteriorantes, el tipo de sustrato y las condiciones ambientales pueden predominar los primeros o los segundos.

En este estudio experimental también los procesos degradativos producidos por los microorganismos estuvieron precedidos de procesos iniciales de alteración de los materiales. En el caso del barniz se produjo un rápido amarilleamiento fruto de un proceso acelerado de degradación producido por su exposición a un alto nivel de humedad relativa junto a la ausencia de luz de una forma prolongada durante las cinco semanas que permanecieron las probetas en las estufas. De igual manera, y al producirse la hidrólisis de las fibras de lino en los soportes y por el tamaño de las probetas, se observó una torsión de los bordes de la tela fruto de los movimientos de dilatación de las fibras textiles.

Según Calvo (2002), las alteraciones de tipo biológico se pueden manifestar en los soportes de tela de diferentes formas, como manchas blanquecinas o de distintos colores (pardos, grises o negros) llegando incluso a visualizarse micelios de hongos. Estos microorganismos pueden provocar la hidrólisis de la celulosa y la pérdida de resistencia mecánica.

Caneva *et al.* (Caneva, Nugari y Salvadori, 2005: 500) también describieron más tarde que la degradación del soporte es más fuerte y probable cuando está impregnado de otras sustancias (azúcar, almidón, colas, suciedad) propensas a la degradación iniciando un proceso de daños mecánicos en la obra. En este proceso los hongos se fijan directamente con las hifas, a modo de raíces, iniciando la formación de un micelio hasta convertirse en manchas más grandes y desarrolladas.

En cuanto a estos materiales orgánicos, Nicolaus (Nicolaus, 1999: 425) expuso que las sustancias nutritivas más importantes para los microorganismos causantes de biodeterioro son los aglutinantes. Dependiendo de la técnica pictórica empleada, los primeros en ser deteriorados son la cola de glutina y el temple de caseína, seguidos del temple de huevo, el temple de emulsión, el aceite y finalmente la resina Dammar, la almaciga, la colofonia y las resinas sintéticas si fuera el caso de obras pictóricas contemporáneas. Esto origina pulverulencia, decoloración y desprendimiento de las capas pictóricas.

En este sentido se observó el oscurecimiento inicial de algunos inóculos junto con procesos de agrietamiento de las capas de preparación, y de manera más acusada en aquellas que empleaban cola animal como sustancia aglutinante rica en proteínas, en donde destaca la actividad producida por el género *Alternaria*. Este tipo de alteraciones precedieron a las producidas en preparaciones que contenían aceite de linaza.

Finalmente, y en relación con la capa de protección, el crecimiento de las hifas se produjo antes en las zonas de las probetas que no contenían capa de barniz, ya que en las zonas donde este se encontraba actuó como barrera de contención del crecimiento ramificado que finalmente también terminó por producirse, causando el agrietamiento general y la aparición de fuertes coloraciones en la superficie de las probetas.

## Conclusiones

Con este estudio experimental hemos podido comparar los resultados obtenidos con aquellos descritos anteriormente en la bibliografía, analizando los procesos de biodeterioro que se producen en los distintos materiales orgánicos e inorgánicos constituyentes de una pintura sobre lienzo, atendiendo especialmente a aquellos materiales empleados en capas de preparación y de protección utilizados en la pintura quiteña de los siglos XVII y XVIII.

Este protocolo de análisis se ha mostrado muy efectivo para el control y observación de los procesos de deterioro, siendo un método muy eficaz para realizar controles periódicos de las distintas colecciones pictóricas que se pretendan estudiar en el futuro o que estén bajo procesos y protocolos de conservación preventiva.

Los estudios propuestos se muestran como un complemento de otros análisis que se deben realizar paralelamente, tales como los métodos de identificación de especies con técnicas moleculares y posteriores estudios experimentales que empleen tratamientos biocidas que ayuden a establecer nuevas propuestas de conservación y restauración de manera más efectiva.

## Agradecimientos

Este trabajo de investigación se ha realizado gracias a la financiación del Programa Prometeo de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología del Gobierno de Ecuador.

## Bibliografía

- CALVO, A. (2002): *Conservación y restauración de pintura sobre lienzo*. Barcelona: Del Serbal, pp. 152-155.
- CANEVA, G.; NUGARI, M. P., y SALVADORI, O. (2000): *La biología en la restauración*. Hondarribia (Guipúzcoa): Nerea, p. 277.
- (2005): *La biología vegetale per i beni culturali II*. Limena: Nardini editori, p. 500.
- GIACOBINI, C.; PEDICA, M. y SPINUCCI, M. (1991): «Problems and Future Projects on the Study of Biodeterioration: Mural and Canvas Paintings». En: *National Research Laboratory for Conservation of Cultural Property*, editor. Lucknow: International conference on biodeterioration of cultural property, pp. 93-112.
- INOUE, M., KOYANO, M. (1991): «Fungal contamination of oil paintings in Japan», *International Biodeterioration*, n.º 28, pp. 23-55.
- LÓPEZ, M. M.; MARTÍN, I.; YEBRA, Á.; ROMERO, J.; BOLÍVAR, F. C.; ETTENAUER, J.; STERFLINGER, K. y PIÑAR, G. (2013): «Contribution of the microbial communities detected on an oil painting on canvas to its biodeterioration». *Plos One*, 8: e80198.
- MANDANA, B., y NURULADIDABT, A. H. (2014): «Scientific analysis in traditional preventive measure using garlic and vinegar as a wood fungicide in Malaysia». En N. SUKRITI (ed), *International Council for Biodeterioration of Cultural Property, Lucknow*, pp. 47-54.
- NICOLAUS, K. (1999): *Manual de restauración de cuadros*. Berlín: Köneman, p. 425.
- PANER, C. M. (2012): «Chemical control of fungi infesting easel oil paintings at the University of Santo Tomás, Museum of Arts and Sciences». *Prime Journal of Microbiology Research*, 2: 114-120.

- PAVIC, A.; ILIC, T.; PACEVSKI, A.; NEDELJKOVIC, T.; VASILJEVIC, B., y MORIC I. (2015): «Diversity and biodegradative potential of bacterial isolates from deteriorated modern combined-technique canvas painting». *Int Biodeterior Biodegradation*, 97: 40-50.
- PIÑAR, G.; TAHER, H.; STERFLINGER, K., y PINZARI, F. (2015): «Amid the possible causes of a very famous foxing: molecular and microscopic insight into Leonardo da Vinci's self-portrait». *Environ Microbiol Rep*, 7: 849-859.
- POYATOS, F. (2007): *Procesos de biodeterioro en pinturas sobre lienzo del Museo de Bellas Artes de Granada: examen visual y gráfico*. Granada: UGR, p. 175.
- ROMERO, J.; MARTÍN, I.; LÓPEZ, M.; RAMOS, J., y BOLÍVAR, F. C. (2010): «Biodeterioration patterns found in dammar resin used as art material». *Electron J Biotechnol*, 13 (3): 1-8.
- SEVES, A.; SORA, S., y CIFERRI, O. (1996): «The microbial colonization of oil paintings. A Laboratory Investigation». *Int Biodeterior Biodegradation*, 37: 215-224.
- STERFLINGER, K. (2010): «Fungi: Their role in deterioration of cultural heritage». *Fungal Biology Reviews*, 24: 47-55.