

## La Microscopía en el Estudio del Biodeterioro y la Conservación del Patrimonio Histórico y Cultural

Ana M. García

Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, José Gutiérrez Abascal 2, Madrid E-28006, España. ana.garcia.ruiz@upm.es

El Patrimonio Histórico y Cultural es el legado que hemos recibido del pasado, lo que vivimos en el presente y lo que transmitimos a las futuras generaciones y comprende el conjunto de bienes, tanto materiales como inmateriales, acumulados a lo largo del tiempo. El Patrimonio Inmaterial o Intangible abarca las manifestaciones que innumerables grupos y comunidades de todo el mundo han recibido de sus antepasados y transmiten a sus descendientes, a menudo de manera oral, como el lenguaje, costumbres, religiones, leyendas y mitos. La protección de este Patrimonio es muy vulnerable debido a su índole efímera. El Patrimonio Material o Tangible se divide a su vez en Bienes Muebles, como manuscritos, documentos, colecciones científicas, grabaciones, fotografías y películas, entre otros, e Inmuebles como monumentos, paisajes culturales, conjuntos arquitectónicos, obras de ingeniería, etc. Contiene, por tanto, una gran diversidad de materiales de naturaleza muy heterogénea: papel, madera, piedra, pergamino, seda, polímeros, metales.

Todos estos materiales tienen una tendencia natural a deteriorarse a través del tiempo. Además, los seres vivos, y en especial los microorganismos, son capaces de desarrollarse y colonizarlos modificando sus propiedades y contribuyendo a su Biodeterioro. El conocimiento de estos procesos de Biodeterioro es lo que posibilita el desarrollo de estrategias para la prevención y protección de los Bienes Patrimoniales con el fin de alargar su vida, conservándolos para la posteridad.

Pero ¿qué es el Biodeterioro? Hueck (1965)[1] lo definió como “*cualquier cambio indeseable en las propiedades de un material causado por la actividad de los seres vivos*”. En el campo del Patrimonio, ejemplos de Biodeterioro podrían ser la destrucción de soportes pictóricos por el crecimiento de hongos o bacterias, la erosión superficial de documentos por pequeños insectos, la destrucción de muebles de madera por termitas, la coloración-decoloración de edificaciones por el crecimiento de algas, la disgregación de soportes pétreos por plantas vasculares, la oxidación de esculturas metálicas por excrementos de palomas, incluso las pintadas y actos vandálicos llevados a cabo por el ser humano sobre los monumentos.

Una gran parte del Biodeterioro que afecta a los Bienes Patrimoniales es el que llevan a cabo los microorganismos y ocurre principalmente a través de la formación y desarrollo de biopelículas (*biofilms*): microorganismos adheridos a la superficie y embebidos en una matriz polimérica de origen microbiano. Desde el punto de vista de la conservación y el control del Biodeterioro sobre los Bienes Patrimoniales hay tres características de los *biofilms* que conviene resaltar. La primera es que los *biofilms* son muy difíciles de eliminar; los tratamientos físicos y químicos necesarios para eliminar los *biofilms* podrían dañar los Bienes Patrimoniales frágiles. La segunda es que la matriz polimérica que contribuye a la adhesión de los microorganismos podría dañar por sí misma la superficie de los materiales. Y por último, en el seno del *biofilm* pueden existir diferentes tipos de microorganismos en estrecha asociación permitiendo un crecimiento cooperativo que puede incrementar o acelerar el deterioro.

Por tanto resulta imprescindible contar con herramientas que nos permitan caracterizar el Biodeterioro que experimentan los diferentes materiales del Patrimonio Histórico y Cultural, para poder aplicar las medidas de prevención y control adecuadas. Inicialmente se usaban técnicas de cultivo para el aislamiento e identificación de los microorganismos responsables del Biodeterioro de un Bien Patrimonial. Pero hoy sabemos que el hecho de que no aparezca crecimiento sobre los medios de cultivo no implica que no existan microorganismos sobre la superficie del material. Las técnicas de microbiología molecular, como el clonaje, han solucionado en parte este problema. Sin embargo, son muy laboriosas y de coste elevado, y la identificación de un fragmento de ADN clonado no determina que el microorganismo esté desarrollándose y causando el deterioro de la obra. La microscopía permite observar directamente un fragmento de la superficie afectada y determinar casi inmediatamente si hay o no microorganismos presentes. En el caso de hongos es posible incluso reconocer el género o la especie observando las características morfológicas de sus esporas.

La microscopía electrónica tiene poder de resolución y profundidad de campo mucho mayores que la microscopía óptica, siendo una herramienta muy potente que se emplea con frecuencia en estudios de Biodeterioro del Patrimonio ya que resulta de gran ayuda no solo en la identificación de los caracteres estructurales, morfológicos y diagnósticos del deterioro biológico sino también en el seguimiento de las medidas de control puestas en práctica para alargar la vida de los Bienes Patrimoniales.

En nuestro Grupo de Investigación y dentro del área del Patrimonio Documental, recientemente hemos estudiado el biodeterioro de películas cinematográficas de interés cubano, en las que la microscopía electrónica de barrido nos ha permitido determinar el grado de colonización fúngica (Figura 1 y 2) y la presencia de bacterias, restos de pólenes y ácaros (Figura 3) que forman parte del bioensuciamiento de las películas.

Otros ejemplos que muestran la relevancia de la microscopía electrónica en el campo del Biodeterioro son los trabajos para estudiar la distribución microbiana sobre materiales pintados<sup>[2]</sup> principalmente sobre pinturas murales y de caballete, pero también el arte rupestre de cuevas y refugios. En estos estudios no solo es posible observar la estructura de los *biofilms* desarrollados sino también la formación de eflorescencias de diferente composición, gracias al análisis por EDX que permite conocer la distribución cualitativa y semicuantitativa de los elementos químicos presentes en la muestra.

Sobre documentos de papel y manuscritos, los microorganismos pueden afectar la estructura química y física, así como conducir a su decoloración<sup>[2]</sup>. Un tipo particular de decoloración del papel es el *foxing* que puede tener causas abióticas (degradación inducida por metales) o ser el resultado de la actividad fúngica <sup>[3]</sup>. La microscopía electrónica ha resultado de gran ayuda en el establecimiento del origen de este tipo de deterioro.

Las fibras textiles, tanto naturales como sintéticas, también están sujetas a la degradación microbiana por bacterias, algas, hongos y levaduras<sup>[2]</sup>. El estudio microscópico de las muestras asiste en la determinación de las causas: ataque enzimático, rotura física por penetración en el material, cambios en la apariencia o textura por excreción de pigmentos, etc.

La microscopía electrónica también se ha empleado en la caracterización de biopelículas que afectan monumentos pétreos <sup>[4]</sup> y en el estudio del efecto de los tratamientos de conservación aplicados sobre piedra ornamental. En resumen, siendo la microscopía electrónica una técnica madura, no ha perdido su vigencia e interés en el estudio del Biodeterioro del Patrimonio.

#### Referencias:

- [1] Hueck H.J. (1965) "The biodeterioration of materials as part of hylobiology" Mater Org 1:5-34.
- [2] Mitchell R., McNamara C.J. (2010) Cultural Heritage Microbiology: Fundamental Studies in Conservation Science, ASM Press, Washington
- [3] Arai H. (2000) "Foxing caused by Fungi: twenty-five years of study" Int Biodeterior Biodegrad 46:181-188.
- [4] de los Ríos A., Ascaso C. (2005) "Contributions of in situ microscopy to current understanding of stone biodeterioration processes" Int Microbiology 8:181-188.

#### Agradecimientos:

Programa de Ayudas de la Universidad Politécnica de Madrid para realizar actividades con América Latina (Red Temática sobre Biodeterioro del Patrimonio Histórico y Cultural, Ref. AL11-RT-01, AL12-RT-05).

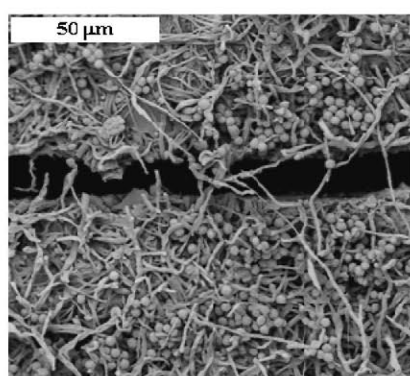


Figura 1. Micrografía SEM de un fragmento de película cinematográfica en la que se aprecia la abundante colonización fúngica y la degradación del soporte.

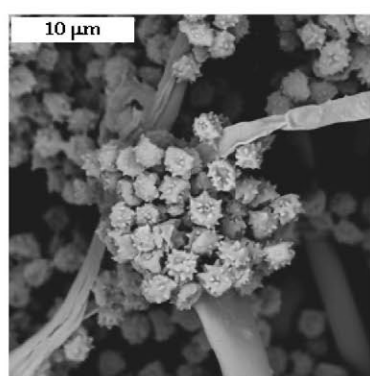


Figura 2. Micrografía SEM de un fragmento de película cinematográfica mostrando las características morfológicas de las esporas del hongo *Aspergillus*.

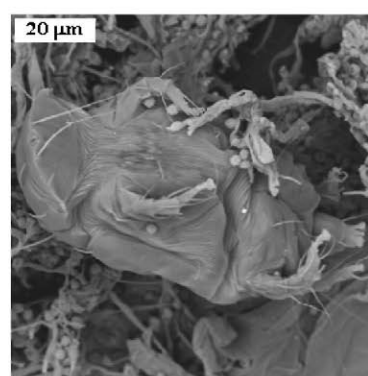


Figura 3. Micrografía SEM de un fragmento de película cinematográfica en la que se muestra el detalle de un ácaro que forma parte del bioensuciamiento.