

# Proyectos y experiencias

## Archivos en peligro

### Estudio de biodegradación y biodeterioro de películas por microorganismos

En el siglo XXI, los registros audiovisuales han llegado a convertirse en un elemento fundamental para la conservación de la Memoria Histórica de nuestra época pero, por su carácter específico, en numerosas ocasiones, los materiales que contienen estos registros no reciben la misma atención que los utilizados para la realización del resto de las obras y documentos que integran el Patrimonio Cultural.

En la actualidad en nuestro país, junto con la Filmoteca Española (Instituto de la Cinematografía y de las Artes Audiovisuales, ICAA-Ministerio de Cultura), existe un conjunto de archivos dedicados a la conservación de los materiales audiovisuales, que abarca a los archivos culturales creados por distintas administraciones autonómicas, así como a los archivos corporativos y comerciales creados por las diferentes sociedades públicas y privadas de radio y televisión. En el conjunto de los archivos de películas cinematográficas se conservan unos 2.500.000 rollos de película cinematográfica (equivalentes a cerca de 40.000 horas) y unas 100.000 horas de registro en cintas de vídeo.

Las películas cinematográficas son sistemas multicomponentes<sup>1</sup>, formados por varias capas de materiales poliméricos con diferentes características y necesidades para la conservación. El número de capas varía según el tipo de material pero, en todos los casos, se pueden distinguir en la estructura dos tipos bien diferenciados, una que aporta la propiedad mecánica necesaria (soporte) y

otra que constituye el área de registro para imágenes y sonidos (capa fotosensible basada en emulsión de gelatina).

En la primera de las capas mencionadas (el soporte) se han utilizado materiales plásticos derivados de la celulosa. En los últimos años, los materiales celulósicos en los soportes han sido sustituidos por el polietilén tereftalato (PET). La segunda capa, destinada al registro de las imágenes, que inadecuadamente suele describirse como emulsión, es una formulación de gelatinas de alta densidad (elevado peso molecular) reticuladas y sustancias fotosensibles que, en las emulsiones de color, puede llegar a estar constituida por nueve subcapas de gelatina, al objeto de cumplir diferentes funciones, tales como acoger, proteger y separar a los aditivos fotosensibles y los formadores de color.

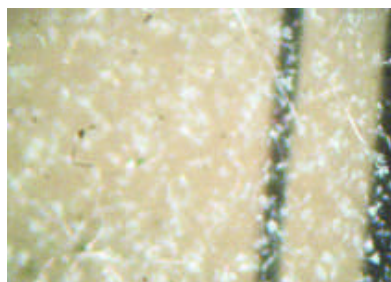
Mientras que los estudios de conservación en cuanto a temperatura y humedad han sido muy numerosos en los materiales cinematográficos<sup>2</sup>, los de biodeterioro o biodegradación no se habían abordado hasta la realización del presente Proyecto de Investigación. La biodegradación de los materiales cinematográficos por microorganismos puede ser un serio problema si las películas están contaminadas y la humedad relativa, necesaria para el crecimiento microbiano, alcanza valores superiores al 60% en los almacenes o durante el uso de las películas. El daño en la imagen por el ataque de microorganismos no es inmediato, pero si el crecimiento de las cepas contaminantes continúa durante su almacenamiento

en los archivos, entonces se pueden producir daños permanentes y la destrucción de la gelatina. El biodeterioro en las películas de color puede ser aún más grave, ya que el crecimiento microbiano puede liberar sustancias que afecten a los colorantes.

En España, la proliferación de microorganismos es un riesgo constante para los archivos situados en zonas costeras o en las islas. Materiales contaminados se encuentran en todos los archivos y, en muchas ocasiones, el desarrollo de la contaminación microbiana puede detectarse incluso a simple vista por las excrecencias "algodonosas" que florecen sobre los rollos de películas situados en envases cerrados.

Debido a la posibilidad de biodeterioro de las películas cinematográficas y a la ausencia de trabajos sobre el tema, se empezó este Proyecto de Investigación, de carácter multidisciplinar, financiado y patrocinado por Filmoteca Española y la empresa Fotofilm-Deluxe dentro de un Convenio de colaboración científica suscrito por estas entidades con el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y el Departamento de Microbiología III de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Los investigadores involucrados del CSIC y de la UCM pertenecen al grupo de Degradación y Deterioro de Polímeros de la Red de Patrimonio Histórico y Cultural del CSIC.

Los trabajos se iniciaron, en forma preliminar, en el año 2001 y desde el año 2003 se continuaron ya enmarcados dentro del Convenio de colaboración científica anteriormente mencionado. La investigación ha seguido diferentes etapas, en la primera, se procedió a la recogida de muestras de fragmentos de películas (archivos de Barcelona, Gran Canaria y Madrid) y al aislamiento de los microorganismos existentes. Todas las muestras presentaron contaminación y se identificaron<sup>3</sup> 14 cepas de bacterias, 17 cepas de hongos filamentosos y una levadura. El conjunto de bac-



Fotogramas (en medio de cultivo) mostrando un grado de biodeterioro extremo de la imagen y causado por una bacteria *Bacillus* (izq.) y por un hongo *Penicillium* (dcha.)

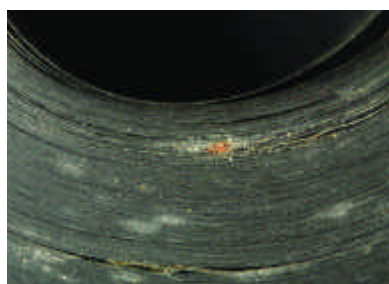
terias está constituido por cinco especies de *Staphylococcus* y cinco especies de *Bacillus*, junto con otras especies de los géneros *Sphingomonas*, *Kokuria* y *Pasteurella*. Entre las cepas hongos se identificaron cuatro especies de *Aspergillus*, siete cepas de *Penicillium* y hongos de los géneros *Alternaria*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Phoma* y *Trichoderma*.

Con estas especies de bacterias y hongos se procedió, en una segunda etapa, al estudio de biodegradación de gelatinas fotográficas, dado que este componente de la emulsión es de naturaleza proteica y, por su naturaleza, es especialmente susceptible al ataque microbiano. De las catorce cepas bacterianas sólo siete mostraron actividad gelatinasa positiva determinándose la eficiencia de biodegradación de gelatina en disolución por estudios de viscosidad<sup>3</sup>. Se pudo así determinar la eficiencia relativa de biodegradación de las bacterias y el efecto de la temperatura (37, 30, 20 y 4°C) sobre la biodegradación. A 4°C, temperatura baja del intervalo real de las condiciones de conservación, cuatro especies de *Bacillus* mostraron eficiencia de biodegradación. Se confirma que con una humedad adecuada para el crecimiento microbiano, incluso a bajas temperaturas, se puede producir el biodeterioro. Un estudio similar se ha realizado con las cepas de hongos presentes en las películas, pues todos los hongos fueron capaces de biodegradar la gelatina. En el caso de los hongos<sup>4</sup> se estudió el efecto de la temperatura en la biodegradación de la gelatina a 25 y 4°C. Las cepas de hongos muestran actividad de biodegradación a 4°C. Actualmente se está estudiando la sinergia bacteria-hongo en la biodegradación de la gelatina fotográfica.

Dentro de estas investigaciones también se ha abordado el estudio de biodegradación en estado sólido a través del empleo de diferentes técnicas, tales como quimioluminiscencia, espectroscopía de fragmentación inducida por láser (LIBS) en colaboración con el Instituto de Química-Física "Rocasolano" del CSIC y una técnica de biometría. Esta última técnica ha sido puesta a punto en nuestros laboratorios y



Crecimiento de hongo *Penicillium* en las perforaciones de la película (izq.) y microfotografía (SEM) del corte transversal de un filme de gelatina inoculado con esta cepa después de su incubación



Crecimiento de hongos filamentosos en un rollo de película cinematográfica



se basa en medidas indirectas de impedancia para la valoración del dióxido de carbono desprendido en la biodegradación por los microorganismos identificados de fragmentos de películas. Esta técnica aplicada a la biodegradación de materiales multicomponentes supone una novedad en el área de biodeterioro de bienes del Patrimonio. Con ella se pretende, en una tercera etapa, estudiar la biodegradación de los diferentes constituyentes de las películas cinematográficas. Con las emulsiones fotográficas ya se han obtenido los primeros resultados, y se están realizando los estudios con los materiales soportes, polímeros y aditivos. En los años de trabajo de este Proyecto se han obtenido ya algunos resultados concretos y se ha avanzado mucho en la metodología del estudio de la biodegradación, pero quedan todavía algunas etapas de la investigación por recorrer.

El objetivo final de este Proyecto se centra en conocer en profundidad los procesos y eficiencias de biodegradación de los materiales constituyentes por los microorganismos identificados, así como las condiciones en que

pueda producirse el biodeterioro de las películas cinematográficas y las formas de evitarlo. Estos trabajos deben plantear la posibilidad de establecer un protocolo de actuación, obviamente de carácter internacional, sobre este problema que supone un riesgo para el Patrimonio Cinematográfico.

## Notas

<sup>1</sup> F. Catalina, A. Del Amo (1999) "Soportes cinematográficos basados en triacetato de celulosa. Descriptiva, estudio de degradación y de variables de conservación". En *Los soportes de la cinematografía / Motion Picture Films Stocks*. Filmoteca Española, Edición bilingüe, ISBN: 84-86877-21-0, Madrid, 1999.

<sup>2</sup> C. Abrusci, A. Martín-González, A. Del Amo, F. Catalina, J. Collado, G. Platas (2005) "Isolation and identification of bacteria and fungi from cinematographic films". *International Biodeterioration and Biodegradation*, 56, 2005, pp. 58-68.

<sup>3</sup> C. Abrusci, A. Martín-González, A. Del Amo, T. Corrales, F. Catalina (2004) Biodegradation of type-B gelatine by bacteria isolated from cinematographic films. A viscometric study. *Polymer Degradation and Stability*, 86, 2004, pp. 283-291.

**Fernando Catalina Lapuente**  
Profesor de Investigación del CSIC