

# TFG

Trabajo Fin de Grado

**Aplicación combinada de los tratamientos de congelación y vacío para la desinfección de documentos: El Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir, Archivo de la Universidad de Granada**

**Autor:** Cecilia Lamolda García

**Tutoras:** Teresa Espejo Arias e Inés Martín Sánchez

**Línea del Trabajo Fin de Grado** 5

**Convocatoria:** Septiembre  
**Curso académico:** 2015/2016  
**Grado en Bellas Artes**

*¿Qué había que hacer? ¿Dejar de leer y limitarse a conservar? [...] Ninguna fuerza terrenal podía destruir la biblioteca, puesto que era algo vivo...*

El nombre de la rosa, Umberto Eco.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas sin las que no hubiera podido realizar el trabajo con el que doy por concluida mi etapa como estudiante de Grado.

En primer lugar les doy las gracias a la Doctora Dña. Teresa Espejo Arias y a la Profesora Dña. Inés Martín Sánchez por la dirección del Trabajo de Fin de Grado.

A Dña. Teresa Espejo, que ha sido mi profesora durante varios años en la carrera, le agradezco su dedicación y los conocimientos que me ha transmitido sobre la restauración del patrimonio documental. Me ha enseñado a desarrollar la profesionalidad y competencias que requiere el campo de la conservación y restauración. La etapa de estudiante universitario esté llegando a su fin y siempre recordaré lo que citaba al impartir clase, “hay que tratar a una obra con amor”. Gracias por toda la confianza que ha depositado en mí desde el primer momento y por ayudarme a crecer a nivel personal.

A Dña. Inés Martín Sánchez, que también ha sido mi profesora durante la carrera, le agradezco la dirección práctica del trabajo. Ella me ha ofrecido la posibilidad de poder ampliar y profundizar en el conocimiento de la microbiología aplicada a la conservación. Ella ha logrado que recuperase la pasión por la rama científica, y que me sintiera como en casa en la Facultad de Ciencias. Gracias por su dedicación durante el trabajo de laboratorio, el optimismo y la ilusión que me ha aportado.

Les agradezco a las dos el estímulo de trabajo y la oportunidad de realizar este proyecto, ha sido un trabajo enriquecedor del que he aprendido mucho. Ambas han conseguido que me interese en la investigación y espero que sigáis compartiendo vuestro conocimiento conmigo en el futuro.

En tercer lugar, quiero dar mi agradecimiento a Dña. Rosario Jiménez Vela, Archivera Jefa de Servicio y a Dña. Consuelo de las Mercedes Martín Vega, Archivera técnica de Sección del Archivo Universitario de Granada; al Archivero D. Daniel Marín Conesa y a los Técnicos Especialistas de Archivos y Bibliotecas, Dña. Teresa Lorca Maroto y D. José Francisco Olivencia Dueso, por facilitarme el acceso y trabajo en el Archivo de la Universidad de Granada. A todos ellos les agradezco la información facilitada, ya que, sin ella no hubiera podido desarrollar gran parte de mi investigación.

Doy las gracias a Irene García Alba, compañera de carrera y Trabajo de Fin de Grado, por ayudarme en el desarrollo práctico. Gracias por hacer más livianas las horas que hemos pasado en el laboratorio.

Quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional, por levantarme en los momentos bajos y por la confianza en mí. A mis abuelos, por esperarme a que saliera de la facultad con esas comidas tan especiales. A mi madre y mi hermano, por escucharme y aconsejarme, a Nacho, por sus ánimos en los últimos meses; y en especial a mi padre, él me ha inculcado la pasión por la conservación y restauración del Patrimonio Cultural. Le doy las gracias por mantener la ilusión a pesar de las complicaciones en este último año y por ser mi “tercer tutor”.

Por último, al ser este trabajo el culmen de mis estudios en el Grado de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, quiero expresar mi agradecimiento a dos personas que fueron decisivas en la elección de carrera, a D. Ramón Rubio Domene, jefe del Taller de Restauración de Yaserías y Alicatados del Servicio de Conservación del Patronato de la Alhambra y Generalife, y a Dña. Bárbara Jiménez Serrano, Jefa de Sección de Archivo y Biblioteca del Archivo del Patronato de la Alhambra y Generalife.

## ÍNDICE

Resumen y palabras clave.....	6
Introducción.....	7
Objetivos.....	8
Metodología.....	9
I. Factores biológicos de deterioro en archivos y documentos.....	11
1. Generalidades de los hongos.....	12
1.1. Morfología.....	12
1.2. Nutrición.....	13
1.3. Reproducción.....	13
1.4. Clasificación.....	15
1.5. Factores determinantes para el crecimiento de los hongos.....	16
2. Biodeterioro de los materiales presentes en archivos y bibliotecas: papel y cuero y microorganismos que lo producen.....	18
2.1. Degradación de las moléculas constituyentes de materiales presentes en las colecciones de archivos y bibliotecas: Papel y cuero...	21
II. Principales tratamientos de desinfección.....	24
1. Tratamientos de desinfección a lo largo de la historia.....	25
2. Tratamientos de desinfección tradicionales: ventajas e inconvenientes..	26
2.1. Tratamientos preventivos.....	26
2.2. Tratamientos curativos.....	27
3. Combinación de congelación y vacío como método de desinfección: Antecedentes, ventajas e inconvenientes.....	32
III. El Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir como objeto de estudio.....	37
1. El Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir.....	37
2. El Fondo del Colegio de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir..	38
2.1. Descripción del fondo.....	38
2.2. Descripción codicológica.....	40
3. Estado de conservación del Fondo del Colegio de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir.....	45
IV. Protocolo de actuación.....	51
1. Aislamiento de las especies microbiológicas.....	52
2. Aplicación del tratamiento de desinfección combinado de congelación y vacío.....	54
3. Análisis de las muestras microbiológicas.....	56
V. Resultados y Discusión.....	61
1. Identificación de la especie.....	61
2. Idoneidad del tratamiento.....	74

VI. Conclusiones.....	76
VII. Bibliografía.....	77
VIII. Glosario.....	81
IX. Índice de imágenes.....	84

## **RESUMEN Y PALABRAS CLAVE**

El deterioro microbiológico es un factor muy presente en las bibliotecas y archivos. Los microorganismos son casi imperceptibles, y su acción constituye un grave problema para la conservación en este tipo de instituciones, poniendo en peligro la integridad del Patrimonio Bibliográfico y Documental si no se detiene a tiempo.

Tradicionalmente, para neutralizar esta acción se han utilizado tratamientos de desinfección que resultan dañinos para la obra sobre la que se aplican, para el restaurador y para el medioambiente. Con el fin de encontrar un tratamiento de desinfección inocuo y a su vez, efectivo contra los microorganismos, se ha realizado un estudio teórico de los factores que inhiben la actividad de los hongos y un estudio práctico del tratamiento combinado de congelación y vacío. Para comprobar su efectividad, se ha aplicado en el Fondo de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir (siglos XVI-XIX), conservado en el Archivo de la Universidad de Granada.

- Palabras clave: Microorganismos; desinfección; congelación; vacío; volumen/es.

## INTRODUCCIÓN

Desde los inicios del Grado me había interesado la rama de la conservación y restauración de documento gráfico y libro, por lo que orienté la elección de asignaturas optativas hacia esa línea de trabajo.

La idea de realizar este Trabajo de Fin de Grado surgió hace un año. En ese momento, Dña. Teresa Espejo Arias impartía la asignatura de Historia del Libro y Encuadernación, por lo que le propuse la tutela del TFG y de este modo profundizar en el conocimiento de la conservación del patrimonio documental.

Finalmente Dña. Teresa me propuso el estudio que ahora presento como trabajo para la finalización del Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales que se imparte en la Universidad de Granada. Este Trabajo de Fin de Grado se enmarcaría dentro del Proyecto de Investigación *Nuevas alternativas al conocimiento de los materiales y procesos de conservación y restauración de obra gráfica y Patrimonio Documental* (Ref. MAT201458659P), del Ministerio de Economía y Competitividad actualmente desarrollándose.

Propuso que se trabajaría sobre el Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir, albergado en el Archivo de la Universidad de Granada. El Fondo presentaba deterioro por acción microbiológica, y se debía realizar el estudio para la desinfección del mismo mediante el tratamiento combinado de congelación y vacío. Me pareció un trabajo que podía llegar a ser muy interesante por lo que acepté de inmediato. Seguidamente, Sr<sup>a</sup> Espejo explicó que este trabajo tenía como finalidad conocer la efectividad de un tratamiento con costes más bajos que los que se han estado utilizando hasta ahora para llevar a cabo la desinfección del Patrimonio Documental.

Indicó que la necesidad de la elección de éste método se debía a varios factores que se presentan en el Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir y en otros métodos de desinfección:

- Los tratamientos de desinfección tradicionales conllevan un elevado coste para la institución.
- Las obras que componen el Fondo son de gran formato.
- Los tratamientos de desinfección tradicionales son de carácter tóxico para el restaurador, y dañan los materiales constituyentes de la obra.
- El Fondo está compuesto por un amplio volumen de material.
- La institución no cuenta con un taller de restauración, por lo que se debería de trasladar el Fondo para aplicar el tratamiento.

Por ello en este trabajo se va a estudiar un método alternativo que permita la eliminación de los microorganismos, que sea válido para obras de gran formato, que no



requiera el traslado de las obras para la aplicación del tratamiento, más económico y que sea inocuo para la obra y el restaurador.

La técnica combinada de congelación y vacío se trata de una metodología con una serie de ventajas frente a los tratamientos de desinfección tradicionales:

- Es un tratamiento totalmente inocuo tanto para la obra que se trata como para el restaurador y el medio ambiente, por no ser necesario el empleo de productos químicos.
- La metodología es sencilla. No se requiere instrumental ni materiales especializados.
- Puede ser realizada por personal técnico que no sea restaurador, siempre que se sigan las pautas indicadas por éste último. Tan solo requiere revisiones periódicas durante el tiempo de congelación para asegurarse de que se está efectuando de forma correcta.
- El tratamiento es rápido y eficaz.
- Es válido para obras de pequeño y gran formato.
- Tiene bajo coste. Los materiales utilizados se pueden encontrar fácilmente en el mercado ya que son cotidianos, y algunos pueden ser reutilizados.

En este trabajo veremos el protocolo que se ha seguido para la aplicación del tratamiento, así como los resultados que hemos obtenido. Hemos de decir que éstos han sido limitados por las propias condiciones en las que se ha realizado el trabajo. Deberán ser contrastados en posteriores estudios con el fin de profundizar en aquellos aspectos no tratados en el estudio que se presenta.

## **OBJETIVOS**

De acuerdo a lo expuesto, el objetivo general del trabajo es determinar la efectividad de la técnica combinada de vacío y congelación como tratamiento de desinfección aplicado al Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir.

Los objetivos específicos que se establecen son los siguientes:

- Conocer la idoneidad de la metodología como tratamiento de desinfección y su utilización en el patrimonio documental.
- Realizar una revisión bibliográfica de los tratamientos de desinfección tradicionales como justificación de las ventajas que presenta el uso del tratamiento combinado de congelación y vacío.

- Aplicar el tratamiento sobre el Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir para su conservación.
- Realizar una toma de muestras de las alteraciones causadas por hongos.
- Llevar a cabo el análisis de las muestras inoculadas para conocer el tipo de hongos que han afectado al Fondo.
- Analizar visualmente las patologías que presenta el Fondo.

## METODOLOGÍA

Considerando los distintos aspectos del estudio propuesto, hemos dividido el trabajo en cuatro bloques. El primero recoge las características generales de los hongos así como el deterioro que producen en los materiales presentes en las colecciones de archivos y bibliotecas. En el segundo nos centramos en el estudio de los tratamientos de desinfección tradicionales como referencia para la justificación del uso del tratamiento combinado de congelación y vacío. El tercer capítulo recoge el marco histórico y el estudio codicológico y de conservación del Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir. Por último, se desarrolla el protocolo de actuación efectuado y los resultados alcanzados durante el mismo.

La metodología que se ha seguido para desarrollar el Trabajo de Fin de Grado ha sido la siguiente:

### Revisión bibliográfica

Se ha realizado una revisión bibliográfica de las características generales de los hongos y de la degradación que provocan en el papel y piel, así como de los factores que afectan a su desarrollo. Además se han recopilado los tratamientos de desinfección tradicionales analizando las desventajas que presentan. Para ello se han consultado textos y bibliografía de carácter científico relacionados con esta problemática. Para desarrollar la contextualización del Fondo se ha podido consultar información existente en el Archivo de la Universidad de Granada. En lo referente a la elaboración de las citas y bibliografía se han adoptado las Normas APA (*American Psychological Association*).

### Trabajo *in situ*

Se ha realizado un trabajo de campo en el Archivo de la Universidad de Granada para proceder al análisis codicológico y del estado de conservación, con la toma de muestras microbiológicas del Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir. Posteriormente, las muestras recogidas se han trasladado al Laboratorio de Microbiología en la Facultad de Ciencias para su inoculación, aislamiento y análisis.

De forma paralela al trabajo de laboratorio, se ha aplicado el tratamiento combinado de congelación y vacío para la desinfección del Fondo. Al finalizar el tratamiento, se ha procedido a la repetición de toma de muestras para la confirmación de efectividad del tratamiento.

### Estudio de los resultados

Los resultados obtenidos tras el análisis de las muestras microbiológicas han sido clasificados en fichas compuestas por una tabla en la que recoge por un lado el nombre de la muestra y, en cada una, el hongo aparecido antes del tratamiento. En el caso de aparecer hongos después del tratamiento de desinfección, se indica igualmente. Debajo de cada tabla se incluye una clasificación de fotografías correspondientes a los hongos presentes en cada volumen (observación macroscópica y microscópica) y la zona de la obra en la que se ha obtenido la muestra. Estas fichas vienen recogidas en el capítulo V de este trabajo.

Finalmente establecemos una discusión sobre los resultados alcanzados en el trabajo. Exponemos la problemática encontrada durante la aplicación del tratamiento combinado de congelación y vacío, así como las soluciones propuestas y las futuras investigaciones posibles que se pueden desarrollar a partir del trabajo realizado.

## **I. FACTORES BIOLÓGICOS DE DETERIORO EN ARCHIVOS Y DOCUMENTOS**

Unos de los factores de deterioro presentes en los archivos, son los ocasionados por macroorganismos y microorganismos. Entre los macroorganismos podemos encontrar roedores, aves, murciélagos, etc... Utilizan los materiales orgánicos para construir nidos, ocasionando graves daños mecánicos y físico-químicos para la obra. En ocasiones pueden llegar a transmitir enfermedades al hombre por tener contacto con el material de archivo.

Además de los animales vertebrados mencionados, se pueden encontrar numerosas especies de insectos, en su mayoría autóctonas de lugar en el que esté situada la institución. Este grupo de organismos son menos perceptibles debido a su tamaño, siendo necesario, para detectar huellas de su actividad, inspeccionar las colecciones con detenimiento. Entre ellos, los grupos más comunes son las polillas, cucarachas, escarabajos y piojos de los libros. Los daños que causan son de tipo mecánico al construir galerías para alimentarse.

Entre los microorganismos encontramos hongos, bacterias y levaduras. Este grupo es el de mayor problemática, ya que se extiende rápidamente y en periodos muy cortos de tiempo. Su presencia es totalmente imperceptible, hasta su proliferación y crecimiento. Las colecciones pueden haber sido afectadas por las esporas previamente a al ingreso en la institución, por lo que solamente requieren para su crecimiento las condiciones ambientales adecuadas.

En rasgos generales, los microorganismos provocan el deterioro por medio de alteraciones químicas, mecánicas y cromáticas dependiendo de su actividad metabólica. No obstante, lo veremos en profundidad más adelante.

# 1. GENERALIDADES DE LOS HONGOS

## 1.1. *Morfología*

Los hongos son organismos eucariotas, carentes de clorofila, unicelulares o pluricelulares y con reproducción asexual o sexual mediante esporas.

Su estructura es denominada talo y se conforma por la unión de filamentos o hifas que se ramifican sucesivamente para formar una red llamada micelio. En el talo, más o menos complejo, se diferencia una parte vegetativa, que absorbe nutrientes y una parte reproductiva.

No todos los hongos tienen la misma composición química. Presentan una pared celular rígida de quitina y glucanos. También contiene proteínas, lípidos y otras sustancias, y en algunas especies celulosa. El interior de las hifas está formada por citoplasma. En algunos casos están fragmentadas a intervalos por paredes transversales llamadas septos que dividen el citoplasma. No obstante, las hifas también pueden ser cenocíticas, es decir, carentes de septo. El citoplasma de las hifas tabicadas permanece conectado entre sí por un poro central que existe en el tabique separador.

En cuanto a los núcleos, son haploides y los compartimentos de las hifas son multinucleados, aunque en la división Ascomycota y en algunas levaduras el núcleo es diploide.

Carecen de pigmentos de clorofila, por lo que no son capaces de realizar la fotosíntesis. Sin embargo, son quimioorganótróficos ya que son capaces de utilizar fuentes de carbono existentes en el entorno y la energía de reacciones químicas para sintetizar los compuestos orgánicos y así obtener energía para su crecimiento. Por otra parte, los hongos pueden ser de vida libre o pueden establecer relaciones de simbiosis.

Los hongos se pueden clasificar según su estructura celular en:

- **Hongos unicelulares:** Poseen una sola célula, sin septos, y poseen una membrana nuclear definida durante la mayor parte de su ciclo biológico. Su reproducción es asexual.

También encontramos las levaduras. Se rodean por una membrana celular definida, delgada y elástica. Tienen un núcleo diferenciado.

- **Hongos filamentosos:** Poseen un micelio septado e hifas ramificadas (pueden ser septadas tabicadas y no tabicadas, y aseptadas) y la mayoría son filamentosos. El

micelio está formado por uno o más tipos de hifas vegetativas. (Vaillant Callol, 2013)

### ***1.2. Nutrición***

Los hongos pueden usar una amplia gama de compuestos como fuente de nutrientes, aunque muchos necesitan aporte nutricional adicional para el crecimiento en condiciones ambientales que no son óptimas. Dichos compuestos pueden ser orgánicos e inorgánicos.

Los compuestos orgánicos más utilizados son la glucosa y otros monosacáridos o disacáridos. También pueden utilizar derivados de azúcares como la glucosamina, ácido galacturónico o manitol. No obstante, la utilización de la glucosa y cualquier derivado del azúcar, depende de la presencia de proteínas de transporte adecuadas. Los hongos poseen una proteína específica para el transporte de la glucosa, aunque en ausencia de ésta, pueden transportar otros azúcares. Los compuestos inorgánicos (nitrógeno, fósforo y hierro) se necesitan al menos en cantidades traza.

La absorción de esos nutrientes se realiza a través de la pared celular, por lo que deben ser moléculas simples y solubles. En el caso de que sean moléculas más grandes, son fragmentadas por enzimas extracelulares secretadas por el hongo. (Deacon, 2006)

### ***1.3. Reproducción***

La reproducción de los hongos puede ser de dos tipos: asexual (más común en estos organismos) y sexual.

La reproducción asexual se efectúa de cuatro formas diferentes: por fragmentación del micelio, fisura transversal, gemación y por esporulación (la más común). La esporulación es la formación de esporas. Son generadas dentro del esporangio, donde los núcleos experimentan sucesivas divisiones mitóticas. Tras esas divisiones, el citoplasma se escinde alrededor de los núcleos individuales por alineación y fusión de las membranas. Al germinar dan lugar a un nuevo micelio. Las esporas varían de forma, color y tamaño según la especie. Pueden ser de dos tipos: las conidiosporas (producidas en el ápice) o las esporangiosporas (generadas en el esporangio). Se producen durante el crecimiento normal de la colonia, extendiéndose por todo el sustrato.

En la reproducción sexual ocurren tres procesos fundamentales: la fusión de dos células haploides de forma que sus núcleos tengan un citoplasma común; la fusión nuclear (llamada cariogamia) para formar el núcleo diploide; y finalmente la meiosis.

En esta última etapa se crean núcleos haploides recombinados. En función del hongo, esos procesos pueden ocurrir sucesivamente o separados en el tiempo. Esto se puede producir en diferentes etapas dependiendo si el hongo es haploide o diploide.

Las esporas sexuales funcionan como esporas inactivas, es decir, se producen en el inicio de las condiciones desfavorables para el crecimiento. Por ello, la reproducción sexual juega un papel importante en la supervivencia de los hongos. (Deacon, 2006)

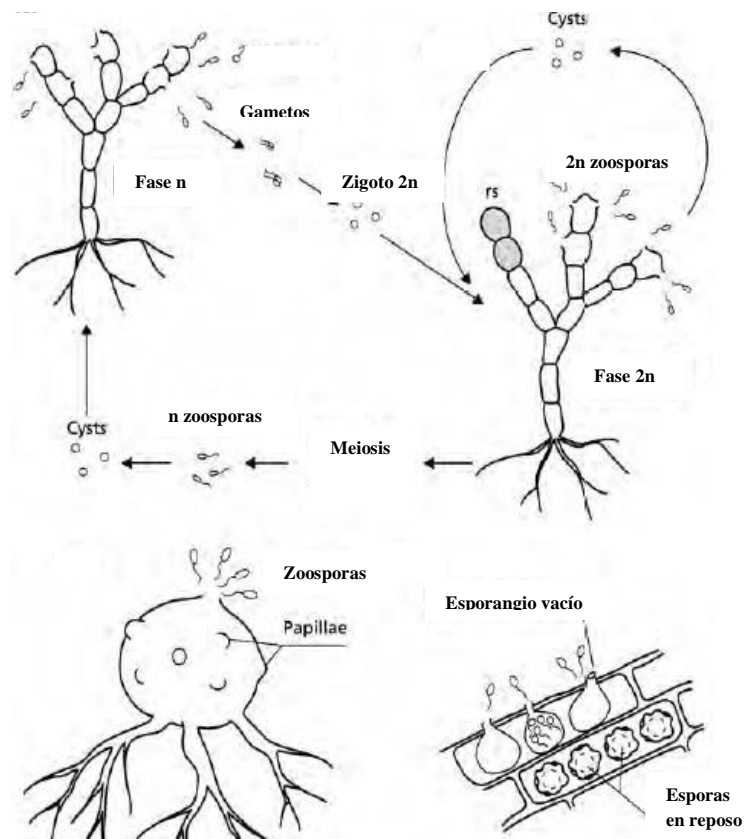


Ilustración 1. Fase de reproducción (imagen obtenida y modificada de Deacon, 2006)

#### **1.4. Clasificación**

La clasificación tradicional de los hongos se ha modificado en base a los datos filogenéticos. Las divisiones actuales contempladas en el reino fungi son: Chytridiomycota, Glomerulomycota (incluida anteriormente en Zygomycota), Zygomycota, Ascomycota y Basidiomycota. (Newbound et al., 2010):

- División CHYTRIDIOMYCOTA: es el linaje más antiguo que incluye a los hongos más sencillos, además de ser los únicos que presentan reproducción asexual con esporas flageladas (zoosporas). Son unicelulares o pluricelulares. Los hay terrestres, pero la mayoría son saprófitos y acuáticos.
- División GLOMEROMYCOTA: Son hongos formadores de endomicorizas, y por tanto simbiontes obligados. Tienen hifas cenocíticas y esporas asexuales grandes y multinucleadas y carecen de reproducción sexual.
- División ZYGOMYCOTA: Poseen hifas cenocíticas y presentan reproducción asexual (esporangiosporas) y sexual (zigosporas). Viven sobre materia vegetal y animal en descomposición, aunque algunas especies son parásitas. Rhizopus y Mucor son los géneros más representativos.
- División ASCOMYCOTA: son un grupo muy amplio (75% de los hongos descubiertos hasta hoy, aprox. 60.000 especies) y variado, ya que a él pertenecen especies unicelulares como las levaduras y otras pluricelulares filamentosas constituidas por hifas tabicadas. Presentan reproducción asexual (conidiosporas) y sexual (ascas con ascosporas haploides). Colonizan prácticamente cualquier ambiente que presente materia orgánica capaz de ser degradada, aunque también hay especies parásitas de plantas y formadoras de asociaciones simbióticas con plantas (ectomicorizas). A esta división pertenecen géneros tan conocidos como Penicillium, Aspergillus, Phoma, Alternaria, Fusarium, Saccharomyces cerevisiae y Cándida.
- División BASIDIOMYCOTA: es el segundo grupo más numeroso con 30.000 especies, entre las cuales se encuentran desde organismos unicelulares (levaduras) hasta hongos macroscópicos como las setas cuyos micelios están formados por hifas septadas. Reciben este nombre porque todas tienen en común el “basidio” o pedestal, una estructura unicelular en la que se forman las basidiosporas por meiosis. La mayoría son saprófitos que descomponen materia vegetal (celulosa y lignina). Polyporus, Agaricus, Cryptococcus y Phanerochaete son géneros representativos. (Newbound et al, 2010)



### ***1.5. Factores determinantes para el crecimiento de los hongos***

Los hongos necesitan una serie de factores óptimos para su desarrollo. Su crecimiento depende de la humedad, la temperatura, de la luz y de la composición química del sustrato. Sin la combinación de todos estos elementos, su crecimiento no sería posible.

Uno de los factores más importantes que influye en el crecimiento de los hongos es la humedad relativa del ambiente. Ninguna reacción metabólica puede ocurrir sin la presencia de un ambiente acuoso. La humedad relativa es imprescindible para que el organismo pueda desarrollarse.

Los hongos necesitan elevados valores de humedad para poder llevar a cabo tanto el proceso de metabolismo como su reproducción. Los microorganismos aparecen en niveles de humedad relativa del 65%. También son capaces de usar el agua de condensación. (Vaillant Callol, 2013)

La temperatura es otro de los parámetros más importantes que influyen en el crecimiento y supervivencia del microorganismo. La temperatura afecta a la velocidad de crecimiento, por lo que se pueden distinguir tres puntos de temperaturas de crecimiento:

- Temperatura mínima. Por debajo de ella no hay crecimiento.
- Temperatura máxima. Por encima de ella tampoco hay crecimiento.
- Temperatura óptima. Permite el máximo crecimiento del microorganismo. (Iáñez, 2008)

Las condiciones óptimas de temperatura se dan entre los 20 y 30°C. No obstante, nunca hay que olvidar que algunas de las esporas producidas por los hongos son capaces de sobrevivir en condiciones totalmente adversas.

El efecto de las bajas temperaturas en los microorganismos puede tener dos efectos:

- a) Cese de la actividad vital.
- b) Preservación durante largos periodos de tiempo

La temperatura baja puede causar la muerte de los microorganismos por sobrefusión del citoplasma. Éste queda sin congelar, sin embargo, al ser la tensión de vapor de agua interior mayor que la del exterior, se intenta restablecer el equilibrio. Esto se consigue con la pérdida de agua de la célula o por la cristalización de ésta en el interior. La consecuencia es que la concentración de sales intracelulares aumenta. Esto provoca la desnaturalización de las proteínas. Los cristales de hielo causan daños mecánicos en las paredes celulares.

Muchas especies de *Aspergillus* y *Penicillium* no son capaces de desarrollarse a 10°C bajo cero, aunque sus esporas permanecen activas durante mucho tiempo sin llegar a ser exterminadas. (Vaillant, 2013)

El segundo efecto de las temperaturas bajas es la preservación de los hongos. La congelación es un método utilizado en laboratorio para almacenar cultivos durante largos periodos de tiempo. Pueden conservarse varios meses congelados a temperaturas de -25 a -30°C.

Por ejemplo, hay microorganismos que crean adaptaciones bioquímicas para medios fríos. Dichas adaptaciones pueden ser enzimas más resistentes a temperaturas bajas, o los fosfolípidos de la membrana celular aumentan la proporción de ácidos grasos insaturados, entre otras medidas. Las adaptaciones bioquímicas a temperaturas altas son la presencia de enzimas termorresistentes o membranas celulares ricas en ácidos grasos saturados.

El oxígeno influye en el crecimiento según las características respiratorias de cada organismo. La mayoría de los microorganismos tienen necesidades estrictas de éste elemento, como es el caso de los hongos, que son los aeróbios estrictos. La necesidad de oxígeno depende de las características fisiológicas de cada especie.

Los hongos se desarrollan en lugares donde la luz es escasa, ya que carecen de clorofila. Si la fuente de luz es elevada, puede llegar a inhibir el crecimiento. La radiación UV tiene un efecto letal, provocando cambios químicos en las moléculas. Esto ocurre al actuar las radiaciones ultravioletas sobre las moléculas, absorbiéndolas, y por lo tanto, aumentando el contenido energético. Por el contrario, las radiaciones infrarrojas tienen poco contenido energético, pero el calor que provocan causa un efecto similar al de la temperatura elevada.

La ventilación también juega un rol importante a la hora de la aparición y desarrollo de los hongos. Está estrechamente relacionada con la humedad relativa ambiental. La escasa circulación de aire evita la evaporación del agua presente en el ambiente y sustrato.

La mayor parte de las especies de microorganismos no pueden crecer a altas presiones (600 kg/cm<sup>2</sup> o 60 atm). Esto se debe a los siguientes efectos adversos:

(Iáñez, 2008)

- Aumento de la viscosidad citoplasmática.
- Disminución de la capacidad de las enzimas de unirse a sus respectivos sustratos.
- Interferencia en la división celular.

Por último hay que destacar que hay otros aspectos determinantes del desarrollo de estos microorganismos. Son la composición química del sustrato, el pH (entre 4 y 6) y la presencia de impurezas, que facilita el desarrollo del organismo.

Se ha de tener en cuenta que en los soportes orgánicos siempre aparecerán organismos heterótrofos ya que se nutren mediante la degradación de materia orgánica. (Vaillant Callol, 2013)

## **2. Biodeterioro de los materiales presentes en archivos y bibliotecas: papel y cuero y microorganismos que lo producen.**

Vaillant Callol (2013) define el biodeterioro como aquel cambio indeseable en las propiedades de un material, causado por la actividad biológica de los organismos. El microbiodeterioro es aquel proceso de biodeterioro provocado por microorganismos.

Desde el punto de vista del biodeterioro, los hongos se pueden dividir en dos grupos funcionales principales: los hongos “oportunistas” que crecen en todo tipo de material si hay suficiente humedad (que no son capaces de degradar el material enzimáticamente y usarlo como fuente de carbono) y los reales agentes patógenos, que si son capaces de usar un sustrato específico para degradar el material y obtener esa fuente de carbono. Ambos grupos causan un deterioro serio, pero los pertenecientes al segundo grupo son los que descomponen el material en sí. (Meier and Petersen, 2006)

El grado del deterioro de un material queda determinado por los factores que condicionan el desarrollo de los microorganismos sobre él: la composición química del soporte, el pH y las condiciones ambientales. Los materiales que componen la mayor parte de las colecciones de los archivos y bibliotecas son de naturaleza orgánica. El papel y el cuero son muy susceptibles de deteriorarse a causa de las macromoléculas constituyentes, en particular por la presencia de celulosa, proteínas y otros biopolímeros, que les hacen ser materiales muy higroscópicos.

Al ser materiales higroscópicos la humedad puede incrementarse significativamente en los mismos, por lo que cuando la ventilación es casi nula y los valores de humedad relativa son superiores al 65%, las colecciones se exponen a un riesgo de infección<sup>1</sup>.

La degradación fúngica de los materiales documentales causa distintos tipos de daños en función de las especies de organismos atacantes y de las características que

---

<sup>1</sup> Instituto del Patrimonio Histórico Español. (2004). Jornadas monográficas. Prevención del biodeterioro en archivos y bibliotecas. Recuperado de [www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/M0901-02-4-2-PDF2.pdf](http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/M0901-02-4-2-PDF2.pdf)

posea el sustrato. El daño puede ocurrir a causa de la tensión mecánica, de la producción de compuestos de tinción o por acción enzimática.

Generalmente los hongos que atacan al material documental provienen del polvo presente en el ambiente, sin embargo, en ocasiones pueden aparecer por contaminación durante el proceso de creación del papel.

La actividad fúngica también puede tener efectos en los materiales minerales presentes en la obra. Tanto el papel como el pergamino y el cuero contienen, en porcentajes variables, compuestos inorgánicos.

Por ejemplo, la interacción de los hongos con los sustratos carbonatados puede producir, a escala micrométrica, una sustitución de los minerales originales con cristales recientemente formados. Esos minerales, llamados minerales biogénicos, son producidos por hongos capaces de transformar el calcio contenido en el carbonato cálcico para producir cristales de oxalato, que se precipitan sobre las fibras del sustrato, quedando las hifas incrustadas. (Sterflinger and Pinzari; 2012)

Los daños que pueden provocar la mayoría de los hongos filamentosos son la degradación de las fibras de celulosa, decoloraciones el soporte, perforaciones, eflorescencias, daños mecánicos, daños estéticos y disolución de tintas y adhesivos.

Los daños que afectan a la obra son de tres tipos:

- a) Daños físico-mecánicos: Este tipo de daños tienen como consecuencia el cambio de las propiedades físicas y mecánicas de los soportes afectados, además de transformaciones y fragmentaciones moleculares. Causan la pérdida de cohesión del soporte a causa de la acción mecánica de los hongos y su crecimiento.
- b) Daños estéticos: Son los cambios que se pueden observar en los objetos que afectan a su estética. Estos daños conllevan cambios cromáticos, manchas micelares, cambios de textura, etc...llegando a impedir la legibilidad.
- c) Daños químicos: Son causados por los procesos metabólicos realizados por los hongos. Causan transformaciones en las propiedades químicas del soporte, degradando las macromoléculas constituyentes y excretando sustancias del metabolismo. Todo esto está influido por la variación del pH. Los cambios suelen originarse con la producción de los ácidos orgánicos y enzimas usadas durante el proceso metabólico. Los ácidos que sintetizan son el ácido oxálico, fumárico, acético y láctico, que se depositan en el soporte acidificándolo y debilitándolo. También suelen excretar pigmentos de diferentes tonalidades, que a su vez provocan manchas en el soporte (Vaillant Callol, 2013)



Ilustración 2. Microdeterioro de manuscrito (Fuente: Callol, 2013)



Ilustración 3. Pergamino deteriorado por hongos (Fuente: conredocan.wordpress.com/category/deterioro-documental/)

### Hongos más comunes en bibliotecas y archivos

Encontramos una gran diversidad de especies contaminantes presentes en las instituciones, pero los más comunes son los siguientes: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Absidia*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Chrysosporium*, *Eurotium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Epicoccum*, *Phoma* y *Cunninghamella*. (Sterflinger and Pinzari; 2012)

En la siguiente tabla veremos una clasificación de los mismos según los metabolitos que producen y la actividad de deterioro que desarrollan:

Tabla 1: Hongos presentes en bibliotecas y archivos

HONGOS PRESENTES EN BILIOTECAS Y ARCHIVOS		
Género	Metabolitos que produce	Actividad deteriorante
<i>Alternaria</i>	Proteasas y amilasas	Manchas, degradación del soporte
<i>Aspergillus</i>	Enzimas y ácidos orgánicos	Manchas, degradación y acidez de soporte
<i>Chaetomium</i>	Celulasas, ácido acético y láctico	Manchas, acidez
<i>Cladosporium</i>	Proteasas, ácido láctico, acético y fumárico	Decoloración, acidificación, manchas
<i>Fusarium</i>	Celulasas, ácidos orgánicos	Manchas, decoloración, daño a las fibras del papel
<i>Múcor</i>	Proteasas, ácidos orgánicos	Manchas, acidez
<i>Penicillium</i>	Enzimas, ácidos orgánicos	Manchas, degradación, decoloración
<i>Rhizopus</i>	Enzimas, ácidos orgánicos	Manchas, pigmentación, degradación de soporte
<i>Sporotrichum</i>	Celulasas, lignasa, proteasa, ácido celobiónico	Manchas, daño a las fibras del papel

<i>Trichoderma</i>	Celulasas, ácido acético y celobiónico	Manchas, daño a las fibras del papel
<i>Verticillium</i>	Celulasas, ácido celobiónico y acético	Manchas, daño a las fibras del papel

Fuente: Vaillant Callol, 2013.

## ***2.1. Degradación de moléculas constituyentes de materiales presentes en las colecciones de los archivos y bibliotecas: Papel y cuero***

### Degradación de la celulosa

Para poder comprender el proceso de degradación de la celulosa, primero describiremos la composición de ésta:

La cadena de celulosa es relativamente simple. Se compone de largas cadenas no ramificadas de moléculas de  $\beta$ -glucopiranosas, unidas por enlaces O-glucosídicos. El proceso de degradación ocurre por oxidación e hidrólisis total o parcial del polímero. Durante la hidrólisis se produce la ruptura del enlace, por lo que la cadena de celulosa se va acortando. (Vaillant Callol, 2013)

Las enzimas que se encargan de la degradación de la molécula, transformándola de celulosa a glucosa, son las siguientes:

- Endoglucanasa: Actúa en puntos aleatorios dentro de una cadena de celulosa, rompiendo la molécula en fragmentos más pequeños.
- Celobiohidrolasa: Es una exoenzima que actúa solo en los extremos de las cadenas de celulosa produciendo unidades de disacáridos.
- Celulasa: Transforma el disacárido de celobiosa en glucosa para su absorción. Es una enzima unida a la pared, al igual que muchas enzimas implicadas en las etapas finales de la degradación de los polímeros.

Estas tres enzimas actúan de forma sinérgica para asegurar que el hongo que degrada la celulosa, no libere los azúcares a un ritmo más rápido del que puedan ser utilizados.

Las endoglucanasas atacan a las cadenas de celulosa al azar, para que en los extremos pueda actuar la celobiohidrolasa. Sin embargo, la celobiosa resultante puede unirse al lugar activo de la celobiohidrolasa, inhibiendo completamente la acción de la enzima. Por lo tanto, si la celobiosa se acumulara, reduciría automáticamente la degradación de la celulosa. Esta regulación, une la velocidad de descomposición a la velocidad a la que el hongo requiere glucosa para su crecimiento y metabolismo.

La regulación de la degradación de celulosa se consigue mediante el sistema de retroalimentación, denominado represión catabólica. Por lo tanto, los genes que codifican las enzimas son reprimidos en cuanto los sustratos más fáciles de utilizar – como la glucosa- están disponibles.

Se sabe que la presencia de la celulosa induce la síntesis de celulasa, a pesar de que la primera es insoluble. En lugar de ello, se cree que los hongos degradantes de la celulosa celobiosa, pueden actuar como señales para la inducción de la enzima cuando la celulosa está presente. El porcentaje de degradación de celulosa está estrechamente en relación a la velocidad a la que el hongo utiliza los azúcares liberados del sustrato. (Deacon, 2006)

### Degradación de las proteínas

Una proteína es una macromolécula formada por una cadena lineal de aminoácidos de elevado peso molecular, unidos mediante enlaces peptídicos. Los aminoácidos son compuestos formados por cadenas carbonadas que contienen dos grupos, uno carboxilo ( $-\text{COOH}$ ) y otro hidroxilo ( $-\text{NH}_2$ ). La composición elemental de la molécula es hidrógeno, carbono, oxígeno y nitrógeno.

Las proteínas se estructuran en cuatro niveles:

- Estructura primaria: Está determinada por la secuencia de aminoácidos en la cadena proteica en un orden definido. Los enlaces que participan en la estructura primaria son los enlaces peptídicos (de tipo covalente).
- Estructura secundaria: La cadena peptídica se encuentra enrollada o plegada gracias a la formación de puentes de hidrógeno. De esta forma la cadena es más estable. Las estructuras que adopta son la  $\alpha$ -hélice y la hoja- $\beta$  plegada.
- Estructura terciaria: Es la disposición tridimensional de la estructura secundaria. Encontramos dos tipos de estructuras, de tipo fibroso (por ejemplo el colágeno) y de tipo globular.
- Estructura cuaternaria: Se constituye de más de una cadena polipeptídica con estructura terciaria<sup>2</sup>.

Los compuestos proteínicos también son utilizados como fuente de alimentación de los hongos. Para ello, los microorganismos producen enzimas proteolíticas, llamadas proteasas. La función de dichas enzimas es la degradación del compuesto proteínico a otro con un peso molecular más bajo. Primero convierten la proteína en péptidos, y después en aminoácidos para que sean más fáciles de utilizar por las células. La

---

<sup>2</sup> [www.uv.es/tunon/pdf\\_doc/proteinas\\_09.pdf](http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf) 06/09/2016 17:32 Estructura y propiedades de las proteínas



degradación de un compuesto a otro se lleva a cabo mediante la ruptura del enlace peptídico. (Vaillant Callol, 2013)



Esquema de degradación de enzimática de una proteína. Fuente: Vaillant Callol, 2013.

### Hongos más comunes causantes de la degradación de la celulosa y proteínas

Los hongos son los responsables de la mayoría de la pérdida de las obras documentales en los archivos y bibliotecas. Como ya hemos visto, esto es debido a la gran capacidad de degradación de la celulosa y proteínas, materiales que conforman las obras de esas instituciones.

En la siguiente tabla veremos una clasificación de los hongos causantes de la degradación de ambos compuestos:

Tabla 2: Hongos degradantes.

HONGOS DEGRADANTES DE LA CELULOSA Y PROTEÍNAS		
Género	Celulosa	Proteínas
<i>Alternaria</i>	✓	✓
<i>Aspergillus</i>	✓	✓
<i>Chaetomium</i>	✓	✓
<i>Cephalosporim</i>	✓	
<i>Cladosporium</i>	✓	✓
<i>Fusarium</i>	✓	✓
<i>Geotrichum</i>	✓	
<i>Mucor</i>	✓	✓
<i>Paecilomyces</i>	✓	✓
<i>Penicillium</i>	✓	✓
<i>Phoma</i>	✓	
<i>Pullularia</i>	✓	✓
<i>Rhizopus</i>	✓	✓
<i>Trichoderma</i>	✓	✓
<i>Sporotrichum</i>	✓	
<i>Stachybotrys</i>	✓	
<i>Trichothecium</i>	✓	
<i>Verticillium</i>	✓	

Fuente: Vaillant Callol, 2013



## II. PRINCIPALES TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN

El Patrimonio Documental está constituido por materiales de origen orgánico, sensibles a las especies bibliófagas, ya sean insectos o microorganismos. La actividad vital de estos organismos, constituye uno de los factores de degradación más perjudicial para este tipo de patrimonio.

Cuando se localiza una plaga activa de microorganismos, es necesario llevar a cabo el tratamiento de desinfección. La desinfección consiste en inhibir el crecimiento del moho en el soporte de papel o piel<sup>3</sup>, mediante la aplicación de un fungicida -un medio aplicado sobre la superficie del elemento afectado- (Wood Lee, 1988). El tratamiento debe ser efectivo tanto como para el exterior del volumen como para su interior para eliminar el mayor número posible de individuos.

Los criterios que deben cumplir este sistema de erradicación para que sea considerado óptimo son (Tacón Clavaín, 2008):

- Reducir con efectividad la población de microorganismos, entendiendo por efectividad la inactivación de la mayor parte y con la menor cantidad de producto en el menor tiempo posible.
- No poner en peligro los materiales y estructura de los objetos infestados.
- Aplicación sencilla y segura para el personal del centro y operarios.
- Los objetos tratados no deben constituir un peligro para la salud de los usuarios ni del personal por la permanencia de residuos.
- Cumplir con las normas internacionales de protección al medio ambiente.
- Deben ser económicos.

La desinfección, además de detener la acción microbiológica, debe evitar un posible ataque. Considerando esto, el tratamiento se puede dividir en curativo y preventivo.

- a) Tratamiento preventivo: Aquel tratamiento que impide una invasión posterior. No es una aplicación directa en la obra, sino en el entorno.
- b) Tratamiento curativo: Su finalidad es eliminar la causa de degradación mediante aplicación de productos químicos o por métodos físicos en la propia obra. (Martirena, 1992)

---

<sup>3</sup> [cool.conservation-us.org/byorg/abbey/an/an13/.../an13-516.html](http://cool.conservation-us.org/byorg/abbey/an/an13/.../an13-516.html) 7/07/2016 11:26

Las esporas bacterianas son bastante resistentes a los productos utilizados, por lo que se tratan con agentes de alta actividad germicida. No obstante, las formas vegetativas de las bacterias son sensibles a todos los agentes desinfectantes, aunque algunos tipos pueden presentar resistencia a los de baja actividad. Los hongos presentan mayor resistencia que las bacterias, por lo que en general también resisten a los desinfectantes de baja actividad.

La determinación del efecto del producto depende de un gran número de factores externos como la humedad, temperatura o pH, así como el tipo de organismo que se desea erradicar<sup>4</sup>.

## 1. Tratamientos de desinfección a lo largo de la historia

Ya desde el mundo antiguo se idearon métodos para la prevención de ataques de plagas bibliográficas. Uno de esos métodos, consistía en introducir los documentos en cajas de madera con propiedades repelentes e impregnadas con algún tipo de sustancia insecticida. En el Imperio Romano recomendaban instalar las bibliotecas en la zona Este de los edificios para evitar que la humedad actuara sobre los documentos.

En la Edad Media surgió la encuadernación, cuyo fin era proteger los códices y manuscritos del ataque de plagas bibliófagas. La prevención y el tratamiento de plagas tuvieron un importante desarrollo durante ese periodo histórico. Se utilizaron insecticidas de elevado poder comercializados en Europa y Asia por los árabes. Esos productos consistían en mezclas pulverulentas que contenían pelitre y derris, sustancias naturales utilizadas como veneno. También se utilizaron plantas aromáticas para contrarrestar a los hongos e insectos atacantes. A pesar del elevado uso de estos productos, su efecto como tratamiento era poco efectivo. En China se ideó un sofisticado sistema preventivo para las plagas bibliófagas: consistía en añadir un agente antiséptico de extracto de bayas de corcho durante la elaboración del papel.

Durante los siglos XVI al XVIII se usaron en Europa las mismas plantas naturales utilizadas durante la Edad Media, aunque los resultados siguieron siendo similares. No obstante, a final del siglo XVIII y a lo largo del siglo XIX se introdujeron nuevos tratamientos con reactivos químicos. Su desarrollo progresó gracias a la preocupación por el estudio de los agentes de deterioro del patrimonio documental.

Un gran punto de inflexión en la conservación y restauración de documentos fue la Primera Guerra Mundial. A causa de las malas condiciones ambientales durante aquel período, se produjo un aumento del ataque de microorganismos en bibliotecas y archivos. Ante esto se comenzó una investigación sobre nuevos fungicidas específicos para los materiales constituyentes del patrimonio documental. Desde entonces hasta la

---

<sup>4</sup> [www.unavarra.es/genmic/.../Tema%2003.-%20Eliminacion%20y%20conservacion.pd](http://www.unavarra.es/genmic/.../Tema%2003.-%20Eliminacion%20y%20conservacion.pd). 7/07/2016 11:33

actualidad la aplicación de estos fungicidas ha sido uno de los métodos más usados para paliar esa problemática. (Allo Manero, 1997)

## **2. Tratamientos de desinfección tradicionales: ventajas e inconvenientes**

### ***2.1. Tratamientos preventivos***

La prevención del biodeterioro conlleva una serie de acciones encaminadas a evitar el desarrollo de los agentes biológicos en las instituciones y por ende, en los materiales constituyentes del material bibliográfico y documental. Las obras estarán más expuestas a las infecciones cuando sus características fisicoquímicas sean compatibles con el metabolismo de los organismos y las condiciones ambientales sean favorables. Para evitar el desarrollo, se necesitan medidas preventivas.

Los tratamientos preventivos utilizan acciones indirectas sobre la obra con el fin de alargar su vida. Se basan en el mantenimiento de los objetos y las colecciones actuando en su entorno. Para ello se realizan:

- Inspecciones al ingreso de una nueva obra de forma sistemática en las salas, almacenes, colecciones y objetos.
- Limpiezas periódicas tanto en el entorno como en la colección. Se lleva a cabo mediante aspiradores de baja potencia junto, con la protección necesaria (mascarillas, guantes, batas, gafas...) para el personal que realiza los trabajos. Los objetos deben estar limpios de polvo y partículas ajenas. (Vaillant, 2013)
- Evaluación de los diferentes parámetros ambientales. Para ello nos podemos ayudar de termómetros, higrómetros, psicrómetros y termohigrómetros, que miden la temperatura y humedad de forma puntual o continua. (Wood Lee, 1988) La temperatura y humedad relativa deben estar bajas, en el nivel recomendado para cada tipo de objeto. Las fluctuaciones diarias de esos parámetros deben ser siempre inferiores al 3%. También se han de examinar los equipos de climatización por posibles defectos de funcionamiento o contaminación. (Kathpalia, 1973)

## 2.2. Tratamientos curativos

Los tratamientos curativos son aquellos que tienen acciones directas en el objeto, con el fin de eliminar su afección para alargar la vida de dicho objeto. Encontramos dos tipos de tratamientos, los químicos y los físicos:

### Tratamientos químicos

Se basan en la utilización de productos de carácter químico; compuestos orgánicos, inorgánicos o sintéticos cuya toxicidad tiene aplicación para el exterminio de plagas bibliofagas. En este grupo se incluyen bactericidas y fungicidas, con diversos modos de actuación.

Además poseen un riesgo si su uso es incontrolado, como su aplicación en exceso, que contribuye de forma negativa tanto para el hombre como para la obra. Dada a esa peligrosidad, estos productos deben ser manipulados por personal cualificado. (Crespo and Viñas, 1984)

La elección del fungicida depende de una serie de factores, así como la toxicidad, la naturaleza del papel, la volatilidad, la reacción con otros productos químicos o el coste. El método de aplicación puede ser por sublimación, pulverización o impregnación. (Kathpalia, 1973)

Los tratamientos utilizados han sido los siguientes:

- **Pentaclorofenol:** Fue utilizado en la inundación de Florencia de 1966 para proteger los documentos afectados contra la aparición de hongos. Se trata de un producto altamente tóxico. Se produce intoxicación por contacto (se absorbe con facilidad a través de la piel) causando eritemas y lesiones dermatológicas diversas en el hombre. Sus residuos también afectan al ecosistema<sup>5</sup>.

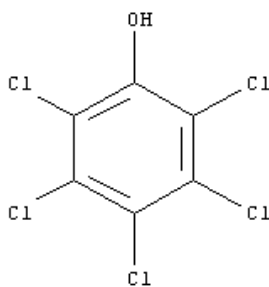


Ilustración 4. Estructura química del Pentaclorofenol. Fuente: <http://leandrohiguita.blogspot.com.es/>

---

<sup>5</sup> <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Pentaclorof.htm> 28/07/2016 10:13 *Pentaclorofenol*

- **Formaldehído:** Se trata de un producto tóxico. En niveles de 0,1 ppm en el aire, algunas personas pueden presentar efectos adversos como sensación de ardor en los ojos, en la nariz y la garganta. Se desconocen los efectos a largo plazo, pero en 1987, la Agencia de Protección Ambiental (*Environmental Protection Agency, EPA*) determinó que podría tratarse de una sustancia cancerígena<sup>6</sup>.

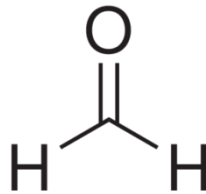


Ilustración 5. Fórmula química del formaldehído. Fuente: <http://www.mpbio.com/product.ph>

- **Ortofenilfeno:** Es un fungicida utilizado como producto de restauración. Su toxicidad es baja y es más eficaz que el pentaclorofenol ya que actúa sobre más especies de hongos. (Crespo and Viñas, 1984)

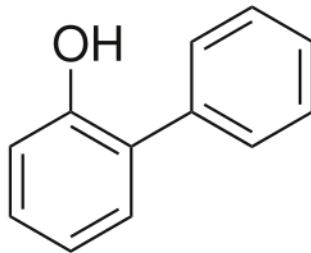


Ilustración 6. Fórmula química del Ortofenilfeno. Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Ortofenilfenol>

---

<sup>6</sup> <http://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/formaldehido/hoja-informativa-formaldehido> 28/07/2016 10:27 *Formaldehído y el riesgo de cáncer*

- Timol: Ha sido utilizado en la Biblioteca Nacional de París y en el Archivo Nacional de Nueva Deli. El inconveniente de este producto es que altera la superficie del pergamino y la vitela. Además, este producto se puede cristalizar posteriormente en el documento si los cristales son demasiado largos o si la obra es colocada muy cerca de la fuente de aplicación del producto. (Kathpalia, 1973)

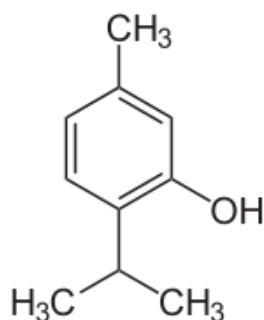


Ilustración 7. Fórmula química del timol. Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Timol>

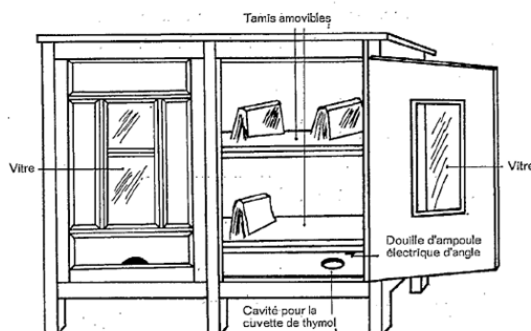


Ilustración 8. Armario de fumigación con timol utilizado en el Archivo Nacional de Nueva Deli. Fuente: Kathpalia, 1973

- Óxido de etileno: Este producto se descubrió como fumigante en 1928, en el campo de la restauración se comenzó a utilizar en los años sesenta. El tratamiento se llevó a cabo por primera vez en el Archivo Nacional de París en 1960. (Kathpalia, 1973)

Se caracteriza por tener una elevada reactividad, es un gas inflamable y explosivo, por lo que se debe mezclar con otros gases para disminuir el riesgo. Dichos gases pueden ser: dióxido de carbono, argón, HCFC, bromuro de metileno o HFC. Es un producto tóxico para el hombre, por lo que no se debe utilizar en exposiciones prolongadas.

El uso del óxido de etileno también constituye un riesgo para la obra. Las pieles, retienen parte del óxido de etileno que regresa de forma progresiva al medio ambiente, dando lugar a residuos. Hace que los materiales proteicos se vuelven ser más higroscópicos, por lo que en un futuro, existiría un mayor riesgo de reinfeción. (Tacón Clavaín, 2008)

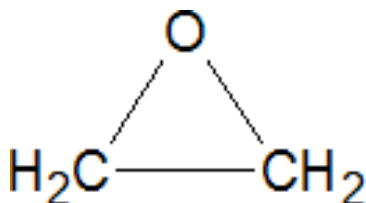


Ilustración 9. Fórmula de óxido de etileno. Fuente: <http://www.textoscientificos.com/quimica/oxido-etileno>

- Bromuro de metileno: Este producto es bastante efectivo contra los microorganismos. Se ha utilizado para tratar papel en archivos y bibliotecas. Es perjudicial para la capa de ozono. Además reacciona con materiales que contienen azufre (presente en los materiales proteínicos). Como efectos secundarios, oscurece los pigmentos que contiene plomo en la composición, y reblandece resinas y barnices. También disminuye la resistencia mecánica del papel. (Tacón Clavaín, 2008)

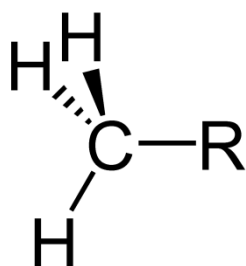
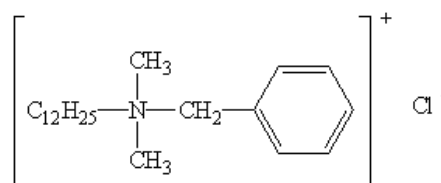


Ilustración 10. Fórmula química de bromuro de metileno. Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Methylgruppe.png>

- Cloruro de benzalconio/sales de amonio cuaternarias: Se aplican cuando el ataque microbiológico está muy generalizado. Tan solo se deben utilizar en casos muy extremos ya que deterioran las propiedades químicas del soporte. (Valentín Rodrigo, 2010)

Ilustración 11. Fórmula química de cloruro de benzalconio. Fuente: <http://www.irowater.com/span/Bactericide/1227.htm>



### Tratamientos físicos

Los sistemas que se engloban en este grupo se caracterizan por ser no tóxicos y no letales ya que en su mayoría son distorsionantes. Se basan en la modificación de la temperatura, vibraciones y radiaciones.

Son respetuosos para el medio ambiente y apenas causan alteraciones químicas al soporte. Estos tratamientos han demostrado su eficacia mortífera, aunque no son completamente recomendables al ocasionar daños a la celulosa, como por ejemplo la irradiación de energía. (Tacón Clavaín, 2008; Crespo and Viñas, 1984)

- Irradiación: En éste método se erradican los microorganismos mediante la irradiación de radiaciones gamma, luz ultravioleta y ondas electromagnéticas.  
Estos tres tipos de radiaciones tienen un alto poder de penetración. Una ventaja añadida es que no dejan residuos, en comparación con otros tratamientos de desinfección. (Manuela da Silva et al; 2006) Sin embargo, se ha demostrado que las radiaciones UV tienen elevados efectos de degradación para la celulosa. La técnica necesita una instalación compleja y externa a los archivos y bibliotecas, por lo que resulta caro. (Kathpalia, 1973)
- Descargas eléctricas: Se utilizan descargas eléctricas de elevada frecuencia con poder desinfectante. Sin embargo, debido a la temperatura que transmiten a los objetos, pueden ocasionar la inflamación del papel. (Crespo and Viñas, 1984)
- Partículas cargadas: El método se basa en la fuente directa de electrones de alta energía mediante excitación, ionización, ruptura de enlaces y formación de radicales sobre los organismos y soporte. Su manipulación es fácil, sin embargo, genera una gran cantidad de calor, por lo que los materiales celulósicos se depolimerizan y disminuyen su cristalinidad. No se recomienda utilizarlo en objetos con valor cultural. (Vaillant, 2013)
- Métodos térmicos: Existen dos tipos de tratamientos con la modificación de la temperatura: temperaturas elevadas y la congelación.

Las elevadas temperaturas también resultan letales para los microorganismos, causando la inactivación de biopolímeros esenciales y disminuyendo su actividad.

El poder de penetración del aire caliente es elevado, no obstante, es un proceso lento que requiere largos periodos de tratamiento. A causa de esto, el incremento de la temperatura puede ocasionar efectos adversos sobre los soportes, como la aceleración del envejecimiento y el proceso de oxidación. (Vaillant, 2013)

La congelación se está utilizando desde los años setenta del siglo XX para la desinsectación de las colecciones de archivos y bibliotecas. Este tratamiento ha tenido muy buenos resultados para la erradicación de insectos, ya que ralentiza el metabolismo con temperaturas por debajo de los 4°C. En consecuencia, la actividad y desarrollo de los organismos cesa.

Provoca daños en las células y tejidos de los organismos por formación de cristales intra, inter y extracelulares. Ocasiona la desnaturalización de las proteínas, la dehidrogenación de los ácidos grasos y depolimerización de algunas estructuras celulares. (Vaillant, 2013) Al someter a un material a temperaturas de congelación, la formación de hielo no se produce en éste, sino solo en aquellos cuerpos que posean agua.



Como vemos, entre los tratamientos anteriormente expuestos, la congelación es un método con muchas ventajas frente a los tratamientos de desinfección químicos e incluso a algunos de los métodos físicos. No afecta al soporte, como ocurre al aplicar radiación ultravioleta. No causa la depolimerización de las moléculas como puede pasar al utilizar partículas cargadas, y no deja residuos tóxicos. Podemos decir que la congelación es un tratamiento que cumple con los criterios vistos anteriormente: inocuidad, efectividad, sencillez y rapidez de aplicación.

### **3. Combinación de congelación y vacío como método de desinfección: Antecedentes, ventajas e inconvenientes.**

El primer uso del tratamiento de congelación para detener el deterioro causado por microorganismos fue aplicado en catástrofes como método de estabilización de los mismos en los años 70 del siglo XX. De ese modo, se detenía el metabolismo de hongos y bacterias de forma temporal. No se utilizaba como método de erradicación.

Era un método sencillo y muy eficaz, por lo que se podía realizar tanto por profesionales del campo de la conservación como aquellos técnicos no profesionales en instalaciones próximas al lugar del desastre.

La congelación en catástrofes se puede realizar, dependiendo de la cantidad de material, en cámaras comerciales, camiones frigoríficos o en cámaras frigoríficas industriales modulares. Antes de proceder a la congelación, se ha de envolver en plástico e introducirlo en bolsas de autocierre o envasado al vacío. De esta forma se evita el pegado del material entre si al congelarse. Entre cada documento se debe intercalar una lámina de papel encerado o un Reemay. Es recomendable que la congelación sea rápida, ya que de esa forma se daña menos la estructura del soporte. Se puede congelar cualquier tipo de material, sin embargo, las fotografías, pieles y el pergamino pueden verse afectados físicamente. (Tacón Clavaín, 2010)

El procedimiento para la congelación es el siguiente:

- Se introduce la obra en una bolsa de polietileno con cierre de cremallera o termosellable. Es muy importante envolver el libro en plástico y reducir el volumen de aire para evitar la formación de condensación. Para que la congelación se realice de forma correcta, se debe dejar un amplio espacio entre los libros.
- La cámara de congelación debe alcanzar una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ . En un proceso acelerado de descenso de la temperatura el tratamiento será más efectivo. La temperatura debe ser constante y el congelador no ha de formar hielo ya que se puede acumular humedad. Se recomienda que en el momento de

depositar la obra la cámara de congelación esta haya alcanzado dicha temperatura, para evitar la aclimatación de los organismos.

- El tratamiento debe durar como mínimo 72 horas, dependiendo del grosor de la obra y la temperatura del congelador. No obstante, si es necesario, se puede alargar hasta un periodo de tres semanas. Algunos autores indican que el tiempo de actuación debe durar de seis a diez días, mientras que otros exponen que 48 horas son suficientes para que el tratamiento resulte letal. (Strang, 1992 citado en Florian 1994)
- La obra se ha de descongelar de forma paulatina sin ser extraída del envoltorio, hasta alcanzar el equilibrio con la temperatura ambiente. Una vez descongelada y alcanzado el equilibrio, el envoltorio se puede retirar<sup>7</sup>.

Otro tratamiento alternativo a los tradicionales, es la utilización de atmósferas con bajo contenido en oxígeno como técnica para la erradicación de insectos. Estos métodos aún se están desarrollando ya que se han encontrado especies resistentes a los procedimientos de congelación. (Valentín, 2004)

Los tratamientos de atmósferas inertes para la desinsectación, consisten en la sustitución del oxígeno por un gas inerte hasta que la concentración de oxígeno sea inferior al 0,1%. De ese modo, se crea una atmósfera anóxica que es incompatible con la vida de los organismos, en este caso insectos. Según Nieves Valentín, (Valentín, 1998 citado en Montero, 2008) tras realizar el tratamiento no se producen alteraciones de tipo físico-químico en el soporte de la obra tratada. Se pueden utilizar cámaras o bolsas estancas de policloruro de vinilideno (PVdC), como opción más económica y sencilla. Para este procedimiento las bolsas tienen que ser impermeables al oxígeno y termosellables. El oxígeno se elimina del interior de la bolsa con absorbentes de oxígeno. Los absorbentes son productos que extraen el oxígeno presente en el aire, de forma que se crea una atmósfera transformada a base de nitrógeno. Uno de los absorbentes más utilizados es el sistema *RP de Mitsubishi Gas Chemical*.

Además del uso del vacío para la eliminación de insectos, también ha sido utilizado desde los años noventa como estabilizador ante la aparición de microorganismos y método de secado en catástrofes, al igual que la congelación.

En esta técnica se envuelve la obra en papel secante y se introduce en una bolsa de polietileno, haciendo el vacío con una máquina empaquetadora. El papel secante se cambia hasta que quede totalmente seco. Es un sistema que no causa deformaciones importantes y evita que las hojas se peguen entre sí. (Tacón Clavaín, 2008)

---

<sup>7</sup> <https://www.library.cornell.edu/.../pestcontrol.html> 25/4/2015 10:44 *Freezing books to kill insects*

Hemos visto que la congelación y el vacío se han utilizado con anterioridad como tratamientos independientes. No obstante, también encontramos antecedentes mediante el uso de ambos.

El vacío y la congelación se han aplicado combinados para el secado de documentos húmedos tras una catástrofe (Serrano and Barbachano, 1987). El método se basa en el paso del agua en estado sólido a gaseoso sin pasar por el estado líquido. El proceso se realiza a presiones muy bajas, por lo que se produce el vacío. Para ello se requiere cámaras especializadas (Tacón Clavaín, 2010)

En el incendio de la Biblioteca de la Academia Rusa de Ciencias de San Petersburgo, en 1989, se utilizó la liofilización para poder estabilizar las obras afectadas. El método se desarrolló por el Centro de Investigación de la URSS<sup>8</sup>. No obstante tiene desventajas ya que las instalaciones tienen un elevado coste y elevado gasto energético. Además es un proceso de larga duración<sup>9</sup> y vuelve frágil a los pergaminos y cueros<sup>10</sup>.

Ante esas desventajas, se han buscado alternativas a la liofilización. Por ejemplo, la Biblioteca Británica, la Biblioteca Nacional de la República Checa y la Biblioteca Marriott de la Universidad de Utah en 2004, desarrollaron un proyecto en el que se experimentaron otros sistemas de secado por vacío (Silverman et al; 2004):

- Secado por congelación al vacío: Primero se congelaron los libros en una cámara de secado al vacío comercial. A la vez que se congelaban, se indujo el vacío mediante presión de vapor junto con aumento de la temperatura. Después se realizó una sublimación hasta que los libros estuvieron totalmente secos. La duración del proceso fue de siete días.
- Prensa de vacío *Vacme* con el sistema Zorbix: En este método, se envolvieron los libros con Hollytex y entre las páginas se intercaló un material absorbente reutilizable<sup>11</sup> llamado Zorbix. Posteriormente se selló la bolsa con un accesorio de vacío similar a una manguera. La ventaja de este sistema, es que la bolsa de vacío posee una abertura resellable de teflón. El Zorbix se cambiaba cada cuarto de hora. El tratamiento duró catorce días en total.

---

<sup>8</sup> <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn19/wn19-2/wn19-206.html> 25/4/2015 11:15 *Salvage Operations for Water Damaged Archival Collections: A Second Glance*

<sup>9</sup> <http://www.uv.es/~mbermejo/Freeze-Drying.pdf> 2/08/2016 18:04 *Liofilización, Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica Facultad de Farmacia Universidad de Valencia*

<sup>10</sup> [http://www.ccaha.org/uploads/media\\_items/technical-bulletin-salvaging-books.original.pdf](http://www.ccaha.org/uploads/media_items/technical-bulletin-salvaging-books.original.pdf) 13/07/2016 17: 16 *Disaster Recovery. Salvaging Books.*

<sup>11</sup> [http://www.universityproducts.com/cart.php?m=product\\_list&c=2106](http://www.universityproducts.com/cart.php?m=product_list&c=2106) 16/ 07/2016 12:37 *University Products*

- Sellado al vacío: Se envolvieron los libros con papel de periódico y bondina para evitar la adhesión. Luego se introdujeron los libros en bolsas de *Archipress* y se sellaron los bordes con una máquina de envasado al vacío. Pasados varios días, se cambió el papel secante húmedo por otro seco y se desechó la bolsa por otra nueva. En total se realizaron 20 intercambios durante más de sesenta días.



Ilustración 12. Sistema prensa de vacío con Zorbix. Fuente: Silverman et al; 2004



Ilustración 13. Vacío con bolsas Archipress. Fuente: Silverman et al; 2004

Los tres métodos se complementaron con desinfección mediante óxido de etileno, obteniendo excelentes resultados. Sin embargo también encontramos desventajas en las tres metodologías:

- La primera, es que para desinfectar se utilizó un producto químico altamente tóxico e inflamable.
- El segundo impedimento, es que las cámaras de vacío utilizadas en el primer y último tratamiento (excepto la prensa *Vacme*) tienen elevado costo, muchas veces inasumible por las instituciones.
- Por último, la tercera desventaja es la enorme cantidad de bolsas de plástico que se tienen que utilizar, puesto que una vez abiertas para realizar el recambio, no se pueden volver a utilizar.

En contraposición, tras el estudio realizado por Javier Tacón en 2008 (Tacón, 2008) para el secado de libros afectados por el agua, se demostró que tras aplicar una combinación de vacío y bajas temperaturas, no se produjo proliferación microbiológica. Los libros sobre los que se llevó a cabo el tratamiento, estuvieron húmedos durante

varias semanas. En este caso, aunque la finalidad del tratamiento era el secado de las obras, se determinó que el vacío inhibió el desarrollo de microorganismos.

En los años setenta del pasado siglo, se realizaron estudios que demuestran que las técnicas congelación y el vacío combinados son los métodos más eficaces conocidos para la estabilización física, mecánica y biológica en materiales de archivo y biblioteca.

Un ejemplo de ello es el incendio del Salón Langley de la Universidad de Pittsburg en 1977. Se congelaron 3.000 libros para estabilizarlos ante un posible ataque microbiológico durante la espera de su restauración. Un segundo ejemplo, tras el incendio de 1978, en *San Diego Aerospace Museum and Library*, en California, se congelaron y se realizó el vacío en los documentos que se pudieron salvar. El resultado obtenido fue muy bueno.

Todos estos estudios indican que este método es el más eficaz conocido hasta el momento para la estabilización de documentos ya que, detiene el ataque de microorganismos al eliminar las condiciones necesarias para la reproducción y crecimiento de las esporas y además estabiliza las tintas y colorantes. (McCleary, 1987)

A raíz de los resultados obtenidos en los estudios anteriores como método de estabilización de microorganismos, y de los inconvenientes de los métodos tradicionales, la necesidad de intervenir en la neutralización de la acción microbiológica presente en el Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir, y la necesidad de buscar una alternativa más económica, se está desarrollando la combinación de las técnicas de vacío junto con la congelación como tratamiento de desinfección, tal y como se verá a continuación en el capítulo IV.

### **III. El Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir como objeto de estudio.**

#### **1. El Colegio de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir.**

Durante el periodo nazarí el Reino de Granada tuvo un alto nivel cultural. En el reinado de Aben-Alhamar se habían potenciado las ciencias y la literatura, de este modo Granada se convirtió en el centro de la ilustración árabe-española.

En el reinado de Jusuf I (1333-1354) el número de colegios aumentó hasta el punto en el que los árabes del Reino de Granada eran considerados como el frente de la civilización musulmana. Jusuf I, además de impulsar la educación popular, fundó la Almadraza, la primera universidad de Granada. Sin embargo, la conquista del Reino de Granada en 1492, supuso un retroceso cultural. Entre las diversas circunstancias, el abandono cultural fue causado principalmente por la situación política del momento. Todas aquellas escuelas y colegios erigidos durante el periodo nazarí entraron en decadencia hasta su desaparición.

Más tarde, en 1492, durante el mandato de los Reyes Católicos, se creó el Colegio Eclesiástico, primer establecimiento de enseñanza tras la Reconquista. El colegio atendía solo a las necesidades de la Iglesia y tenía elevados gastos, por lo que entró en declive en 1507. A partir de ese año, el Colegio Eclesiástico se vio en tal abandono que, en 1526 estuvo a punto de cerrarse.

Por fortuna, ese mismo año Carlos V visitó la ciudad de Granada. Durante su estancia, denotó la pérdida de nivel cultural que había sufrido la ciudad, por lo que quiso recuperar la labor que había desarrollado la cultura nazarí.

Por esa razón, el 7 de diciembre de 1526, se dio origen a la Universidad de Granada por Real Cédula. (P. Montells y Nadal, 1870) Otro acontecimiento importante en ese año, junto con el origen de la universidad, fue la fundación del Colegio Imperial de Santa Cruz de la Fe.

En esos primeros momentos, colegio y universidad compartían espacio físico. Entre 1527 y 1532 se construyó el edificio que albergaría a ambas instituciones, donde actualmente se encuentra la Plaza de Alonso Cano.

En sus inicios, el colegio estaba sometido a la autoridad del Arzobispado, aunque logró independizarse en el mandato del Arzobispo Pedro Guerrero y se sometió a la Cámara de Castilla.

El Colegio de Santa Catalina Mártir fue fundado en 1537 por el Arzobispo Gaspar de Ávalos. Se emplazaba en la plaza de las Pasiegas y acogía a colegiales de

Artes y Teología. Los colegiales participaban en la universidad por medio de actividad eclesiástica y civil. El colegio se separó de la vida eclesiástica en 1740.

En 1802, tras la Real Cédula de Carlos IV, el Colegio de Santa Catalina Mártir y Santa Cruz de la Fe se unieron. Tras esa unión se trasladaron al edificio de la actual Facultad de Derecho. Finalmente, ambos desaparecieron en 1835.

El objetivo de los colegios universitarios, era albergar a estudiantes que no poseían capital suficiente mediante becas. Además impartían conocimientos de Lógica, Filosofía y Teología. No obstante, se hacía un complejo proceso de selección para el ingreso de los alumnos. Se debía demostrar que el alumno poseía limpieza de sangre, además de poseer el grado de bachiller. También se favorecían de algunos privilegios reales y pontificios por el simple hecho de ser colegiado. Con esas pruebas de admisión de los alumnos, se comenzó a realizar un Archivo-Registro. (Montells y Nadal, 1870).

## **2. El Fondo del Colegio de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir.**

### ***2.1.Descripción del fondo***

El fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir se conserva actualmente en el Archivo Universitario de Granada. Su localización era desconocida hasta 1992. En ese mismo año, se supo que se encontraba en la propiedad del Conde de las Cabezuelas, en mano de sus herederos.

Durante la existencia de los colegios, el fondo fue albergado en ellos, sin embargo, tras desaparecer, el último director responsable o algún colegial lo llevó consigo. Como consecuencia, el fondo se privatizó. Los derechos de propiedad de éste son un poco dudosos debido a que la última documentación está fechada en 1832, pero el colegio no desapareció hasta 1835.

El fondo documental se compone de veintiséis documentos en formato libro y un legajo, fechados entre 1526 y 1832. La información recogida desde el volumen número uno hasta el número veintitrés consta de registros colegiales y limpiezas de sangre clasificados por años. Dentro de cada expediente se incluyen provanzas, testimonio de tribunales de la Inquisición, certificados de registros parroquiales, y copias y traslados de documentos reales y concejiles. Los cuatro volúmenes restantes contienen diferente información: uno de ellos, el veinticinco recoge documentos de la Cancillería Real, documentos pontificios y documentación interna. El volumen veintiséis, un índice de todos los libros de la Biblioteca del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir; el número veinticuatro –llamado Libro Azul o de Oro-, es un documento de recepciones de los rectores, capellanes, colegiales y familiares del



Colegio de Santa Cruz de la Fe. Por último, un legajo de la correspondencia que recibían los colegios.

El fondo posee un gran valor para el Archivo Universitario de la Universidad de Granada, ya que contiene la historia de los colegios más importantes durante el origen de la institución, dando testimonio de cómo era la vida universitaria.

Por este motivo no se deseaba que la colección se vendiese a otras instituciones ni que saliera del país. En 1992 se realizó una oferta de compra de toda la documentación por parte de la Universidad de Granada.

Al revisar el fondo para llevar a cabo la transacción, no estaba toda la documentación que formaba parte del fondo. La ausencia más significativa era la Real Provisión de Carlos I, en la que constaba la fundación del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe. La Real Provisión fue usurpada, pero se desconoce la fecha en la que se produjo, al igual que la fecha de su posterior recuperación. Finalmente, el Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir fue adquirido en su totalidad en 1995. (ES AUG PRINCIPAL CAJA 04555/012)



## 2.2.Descripción codicológica

El fondo lo podemos dividir en dos tipologías diferentes según el formato en el que están encuadernados los documentos: encuadernación de cartera y encuadernación sin solapa, comúnmente conocida como encuadernación occidental.

- Encuadernación de cartera: Encontramos dos grupos diferentes. Uno de ellos, cuyas tapas son rígidas y otro, en las que las tapas son flexibles. El material del que está constituida la encuadernación es la piel.
- Encuadernación sin solapa: En esta tipología encontramos encuadernaciones de tapa rígida. El material constituyente puede ser piel, pergamino o tela.

La Tabla 3 recoge la clasificación anterior:

Tabla 3: Tipos de encuadernación

ENCUADERANCIÓN			
TIPOLOGÍA	TAPAS	MATERIAL	VOLÚMENES
De cartera	Rígida y flexible	Piel	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Sin solapa	Rígida	Piel, pergamino y tela	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27



Ilustración 18. Volumen nº 9, cubierta de piel. Encuadernación de cartera



Ilustración 19. Volumen nº 24, cubierta de tela, terciopelo. Encuadernación sin solapa



Ilustración 20. Volumen nº 25, cubierta de pergamino. Encuadernación sin solapa

### Encuadernación de cartera

Los volúmenes incluidos esta tipología son los números uno hasta el diecinueve. Aquellos que tienen tapa flexible son el número uno hasta el número ocho, y el dieciséis y diecisiete.

Los que poseen tapa rígida son desde el nueve al quince y el dieciocho y diecinueve. Las tapas están hechas a partir de papelón manuscrito e impreso.

En todos los casos, el revestimiento es de piel y carece de decoración. Todos poseen cierres compuestos de broches y botones de piel al alambre. El sistema de montaje del cuerpo de los volúmenes a las tapas es mediante nervios dobles.

Los lomos son de piel. También carecen de decoración. Poseen un tejuelo de pergamino con la información manuscrita.



Ilustración 21. Volumen nº 1. Tapa flexible

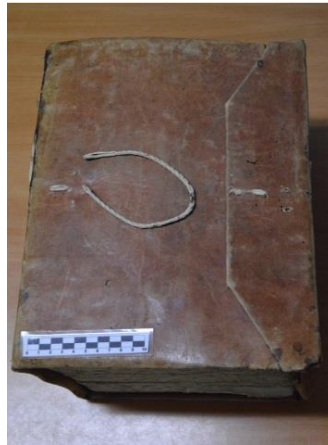


Ilustración 22. Volumen nº 10. Tapa rígida



Ilustración 23. Volumen nº 7. Cierre de piel

### Encuadernación sin solapa

Los volúmenes que se engloban en esta categoría son el número veinte hasta el número veintisiete. Las tapas de los volúmenes veinte al veinticinco están hechas a partir de papelón rígido (manuscrito e impreso). En los números veintiséis y veintisiete son de cartón.

El revestimiento más común que podemos encontrar dentro de esta tipología es de piel, excepto en el volumen veinticuatro, que es de tela (terciopelo azul de seda), y en el volumen veinticinco, que es de pergamino.

El revestimiento de piel carece de decoración, exceptuando el volumen veintidós, que tiene gofrado, y los volúmenes veintiséis y veintisiete, ambos teñidos de marrón oscuro. Las encuadernaciones con revestimiento de piel no poseen cierres.

El volumen veinticuatro, también llamado *Libro Azul o de Oro* tampoco tiene decoración en el revestimiento, pero si posee cierres metálicos. Los cortes estaban dorados, ahora solo se aprecia el bol y pequeños restos de pan de oro.

Por último, en el número veinticinco, se pueden apreciar restos de cierres de piel trenzados. El revestimiento no está decorado.

Los lomos de los volúmenes veinte, veintiuno, veintidós, veintitrés, veintiséis y veintisiete son de piel. Los número veintidós, veintiséis y veintisiete poseen tejuelos decorados con la información del contenido de la documentación gofrada.

El lomo del *Libro Azul o de Oro* es del mismo terciopelo de seda. El tejuelo es de pergamino manuscrito.

Por último, el lomo del libro veinticinco, es de pergamino. Es el único volumen que carece de tejuelo. La información de la documentación está manuscrita en el propio lomo, que además contiene una sencilla decoración de motivos vegetales.

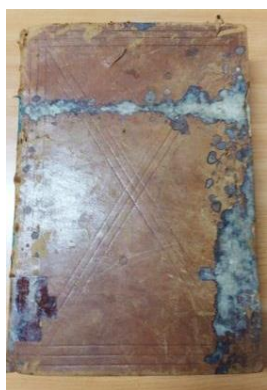


Ilustración 24. Volumen nº22.  
Revestimiento gofrado.



Ilustración 25. Volumen nº 25. Lomo manuscrito

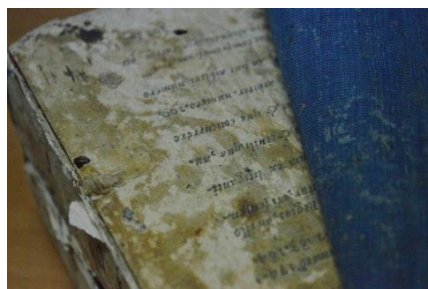


Ilustración 26. Volumen nº 24. Tapas de papelón

### Cosido, guardas y cabezadas

El cuerpo de los volúmenes combina varios tipos de cosidos. El cosido principal es a la española con nervios de piel al alumbre, aunque también encontramos mixto que combina este con el cosido de diente de perro, característico de la encuadernación de archivo como consecuencia de la unión de cuadernillos añadidos posteriormente al montaje original. El enlace de las tapas se ha hecho en todos los casos mediante nervios.



Ilustración 27. Volumen nº7. Cosido de diente de perro



Ilustración 28. Volumen nº8. Cosido a la española.



Ilustración 29. Volumen nº 17. Cadenetas.



Ilustración 30. Volumen nº7. Doble nervio.

Ninguno de los volúmenes tiene cabezadas salvo el veinticuatro y el veinticinco. Están cosidas, son sencillas y de color natural.

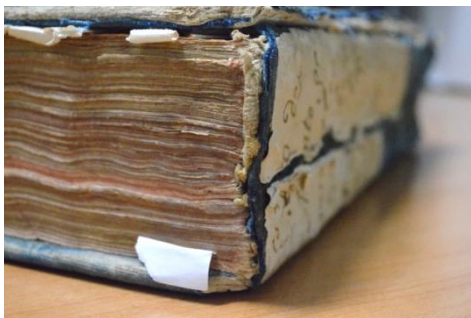


Ilustración 31. Volumen nº 24. Cabezada

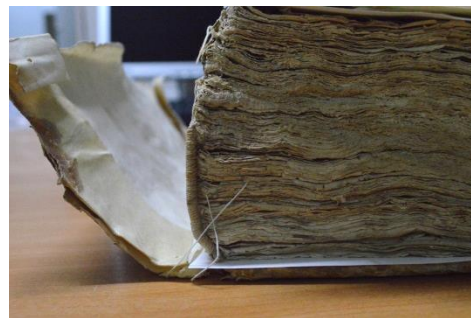


Ilustración 32. Volumen nº 25. Cabezada

Las guardas son de papel, simples y sin decoración en todos los volúmenes excepto en el veintidós. En éste volumen, son marmoleadas. El cuerpo de los volúmenes es de papel, y se puede observar en algunas de las páginas la filigrana.





Ilustración 33. Volumen nº 1: Contraguarda.



Ilustración 34. Volumen nº 22: Guardas marmoleadas

A modo de resumen, la siguiente tabla recoge los datos técnicos de los volúmenes tratados en este trabajo.

Tabla 4: Datos técnicos.

DATOS TÉCNICOS									
Volumen	Encuadernación					Cuerpo del libro		Guardas	Cabezadas
	Tapa	Tipología	Revestimiento	Ornamentos	Cierres	Cosido	Nervios		
1	Flexible	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
2	Flexible	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
3	Flexible	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
4	No existe	No existe	No existe	No existen	No existen	Mixto	Piel	No presenta	No presenta
5	Flexible	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
6	Flexible	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel	Papel, simples	No presenta
7	Flexible	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel	Papel, simples	No presenta
8	Flexible	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
9	Rígida	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel	Papel, simples	No presenta
10	Rígida	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
11	Rígida	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
12	Rígida	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
13	Rígida	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
16	Flexible	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
17	Flexible	Cartera	Piel	No presenta	Piel al alumbre	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	No presenta
22	Rígida	Sin solapa	Piel	Gofrado	No presenta	Mixto	Piel	Papel, decoradas	Simple
24	Rígida	Sin solapa	Tela	No presenta	Metálicos	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	Simple
25	Rígida	Sin solapa	Pergamino	No presenta	Piel	Mixto	Piel al alumbre	Papel, simples	Simple

### 3. Estado de conservación

En aspectos generales, podemos observar que el estado de conservación de la colección no es bueno. El problema más importante que presentan los cuerpos de los volúmenes es la pérdida de la resistencia física, además de manchas (que en ocasiones llegan a ocupar páginas enteras), deformaciones por humedad, pliegues, falta de soporte y corrosión del mismo por tintas metaloácidas. En algunos casos, el soporte está tan debilitado que sería casi imposible su manipulación.

Con respecto a las cubiertas, en la mayoría de los volúmenes se conservan completas, salvo en el libro número cuatro, que está totalmente perdida. En algunos casos encontramos pequeñas faltas, como por ejemplo en los libros dos, tres, cinco, seis, nueve o diecisiete. Esas pérdidas pueden deberse a la propia manipulación de la documentación, o causadas por insectos y microorganismos. También, encontramos diferencias dimensionales entre la cubierta y el cuerpo del volumen. Esto se debe a la deshidratación de la piel.



Ilustración 35. Volumen n° 2: Pérdida parcial del revestimiento.



Ilustración 36. Volumen n° 4: Pérdida total del revestimiento y cubierta

Algunos de los volúmenes tienen pérdidas parciales en los lomos, como el número siete y el diecisiete, debido a la acción de microorganismos e insectos. El revestimiento del libro veinticuatro tiene pérdida de adhesión parcial. Las cubiertas presentan perforaciones, suciedad y manchas por la presencia de agentes biológicos.



Ilustración 37. Volumen n° 7. Pérdida parcial del lomo



Ilustración 38. Volumen n°17. Pérdida parcial de la cubierta



Ilustración 39. Volumen n°24. Pérdida de adhesión del revestimiento

Los tejuelos se encuentran en buen estado, aunque en algunos casos se encuentran fragmentados. Esos casos son los volúmenes siete, ocho, diez, veintidós y veinticuatro. En todos los casos, los tejuelos presentan alabeamiento. El pergamino se ha deshidratado, por lo que está rígido. También contienen manchas y presentan amarilleamiento. Las tintas están empalidecidas.



Ilustración 40. Volumen nº24.  
Pérdida parcial del tejuelo



Ilustración 41. Volumen nº 3.  
Tejuelo, manchas y alabeo



Ilustración 42. Volumen nº22. Tejuelo, faltas.

Tenemos constancia de que todos los volúmenes con encuadernación de cartera, tenían cierres, sin embargo hay pocos que los conserven completos. Tan solo el número once los conserva. En el resto existe solo el botón o el broche.

En la tipología de la encuadernación sin solapa, los cierres metálicos del *Libro Azul* están semiperdidos. En la tapa posterior podemos observar que han dejado su impronta y que además han oxidado la tela que conforma el revestimiento. El libro veinticinco posee restos de cierres.



Ilustración 43. Volumen nº3.  
Botón conservado



Ilustración 44. Volumen nº5.  
Broche conservado



Ilustración 45. Volumen nº11.  
Cierre conservado





Ilustración 46. Volumen nº 24.  
Cierre perdido



Ilustración 47. Volumen nº 25:  
Restos de cierres de piel.

También hay que añadir que el volumen veinticuatro tenía los cortes dorados, pero en la actualidad solo conserva leves restos, visibles con luz rasante. Tan solo se aprecia el tono rojizo de lo que debió ser el bol sobre el que se aplicó el dorado.



Ilustración 48. Volumen nº 24. Corte vertical.

El cosido permanece íntegro en la mayor parte de los volúmenes, pero debemos destacar el libro número cuatro, el ocho y el veinticuatro, en los que se conserva parcialmente. No obstante, aunque el cosido se encuentre en buen estado, se suelen encontrar hojas sueltas y nervios partidos.



Ilustración 49. Volumen nº 4:  
Restos del cosido



Ilustración 50. Libro nº 13. Cosido conservado.



Pocos volúmenes conservan de forma íntegra las guardas. Casi todos las tienen de forma parcial, separadas de las tapas por pérdida de adhesión, suciedad general, manchas causadas por la actividad de hongos y bacterias, pliegues, roturas y falta de soporte. En el libro número cuatro están perdidas.

El volumen número nueve mantiene las guardas completas, y en buen estado en comparación con el resto. Tan solo presentan algunas manchas y roturas en las zonas de bisagra. Las guardas del volumen número diez se encuentran en un estado similar a las del número nueve. El volumen número veintidós, es en el que las guardas se han conservado mejor con el paso del tiempo.



Ilustración 51. Volumen nº 9:  
Contraguardas.

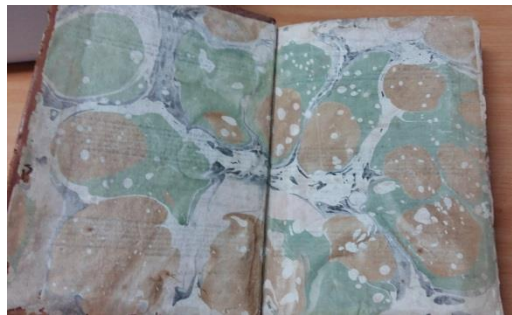


Ilustración 52. Volumen nº 22: Guardas en  
buen estado de conservación.

Los volúmenes veinticuatro y veinticinco conservan la cabezada del pie completa y la de la cabeza, parcial. Presentan suciedad y manchas.

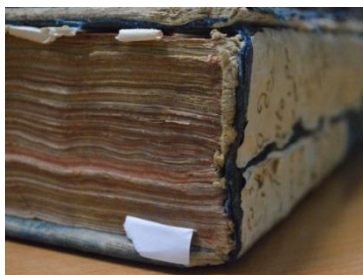


Ilustración 53. Volumen nº  
24: Restos de la cabezada.



Ilustración 54. Volumen nº 24:  
Manchas en la cabezada.



Ilustración 55. Volumen nº25:  
Restos de cabezada

Los deterioros presentes en el cuerpo de los libros son deformaciones por humedad de las hojas, pliegues, hojas sueltas, roturas y desgarros. Es importante la corrosión de las tintas metaloácidas, ya que en algunos casos se ha llegado a la perforación del soporte.



Ilustración 56. Volumen nº 16: Corrosión por tinta metaloácida



Ilustración 57. Volumen nº 3: Pliegues, roturas y deformación por humedad.

El papel también presenta manchas de diversos orígenes. Las más destacables son las causadas por la actividad microbiológica originadas por migración de la piel al papel. La tonalidad de dichas manchas es de un pardo claro que en ocasiones se torna más oscuro, y verdosa, según el tipo de hongo que afecte.

Además de la alteración estética que producen estos organismos, pueden llegar a causar pérdida de soporte y fragilidad. Los volúmenes más afectados son el número dos, tres, cinco y dieciséis. El resto de los libros de la colección también están dañados, en menor medida. En un mismo volumen, el deterioro es irregular. En términos generales, las zonas más afectadas son las cubiertas y, por ende, las hojas cercanas a éstas. La parte central del cuerpo –salvo en casos muy puntuales– se encuentra en mejores condiciones.

La afección depende del tipo de cubierta que presente el volumen; en aquellos que poseen tapas flexibles, el grado de deterioro está más agravado que en los que tienen cubiertas rígidas, pues el cartón de las tapas actúa como barrera ante la acción de los hongos impidiendo en gran medida la entrada de éstos en el cuerpo del volumen.

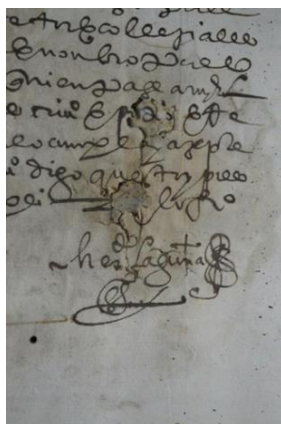


Ilustración 58. Volumen nº 16. Mancha y fragilidad de soporte.



Ilustración 59. Volumen nº 4. Mancha



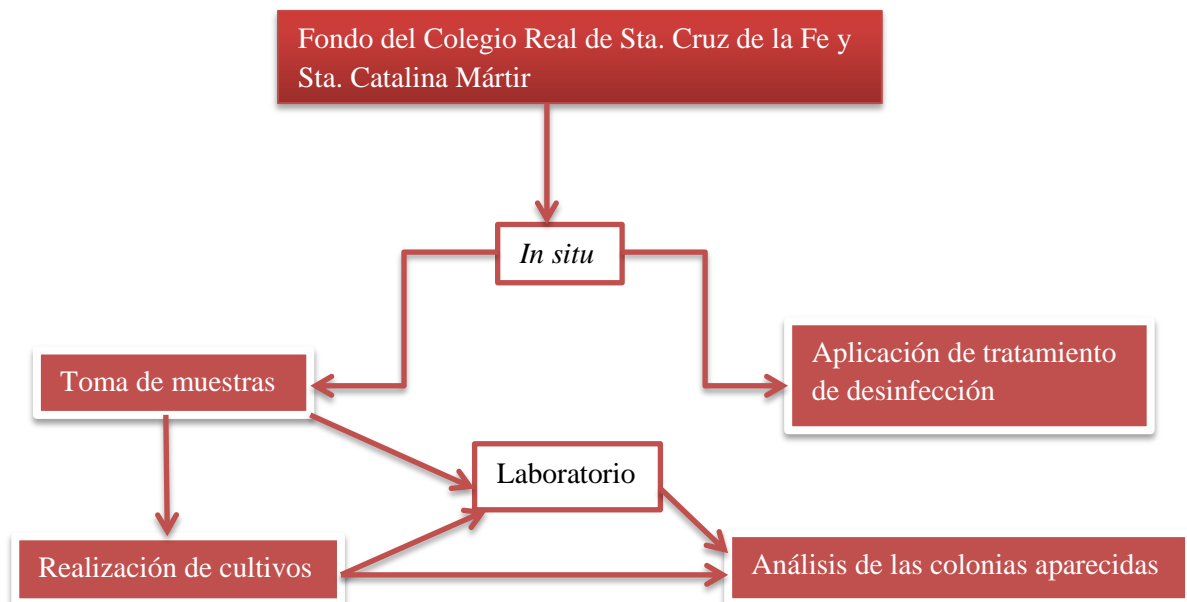
Ilustración 60. Volumen nº1: Manchas en contratapa.

Tabla 5: Tabla-resumen de patologías presentes en el Fondo.

<b>PATOLOGÍAS DEL FONDO DEL COLEGIO REAL DE Sta. CRUZ DE LA FE Y Sta. CATALINA MARTIR</b>				
<b>Cubierta</b>	Revestimiento	Lomo	Tejuelo	Tapas
	Existente	Existente	Existente	Existentes
	Perdido	Perdido	Perdido	Perdidas
	Semiperdido	Zonas perdidas	Zonas perdidas	Zonas separadas
	Perforaciones	Perforaciones	Alabeos	Suciedad
	Roturas	Arrugas	Suciedad	
	Arrugas	Suciedad	Microorganismos	
	Suciedad	Manchas	Deshidratación	Microorganismos
	Manchas	Microorganismos	Amarilleamiento	
	Microorganismos		Decoloración	
Deshidratación				
<b>Tintas y dorados</b>		Empalidecimiento	Empalidecimiento	
<b>Cierres</b>	Existentes , perdidos y semiperdidos		Oxidación	Suciedad
				Roces
<b>Cuerpo</b>	Cuerpo	guardas	Cabezadas	Cosido
	Deformaciones por humedad	Íntegras	Íntegras	Íntegro
	Pliegues	Parciales	Parciales	Parcial
	Hojas sueltas	Perdidas	Suciedad	
	Roturas	Suciedad	Desprendimiento	
	Desgarros	Amarilleamiento	Decoloración	
	Microorganismos	Pérdida de adhesión		
	Corrosión de tintas	Manchas		
		Microorganismos		

## IV. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN

Como se ha descrito en el capítulo anterior, el mayor daño que presenta el Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir es el causado por el factor microbiológico. Con el fin de paliar la grave afección mediante el método combinado de congelación y vacío, se ha realizado un protocolo de actuación basado en la identificación de las especies microbiológicas presentes en las obras, así como un estudio de las mismas. Tras realizar el análisis de las muestras tomadas, se procedió a la aplicación del tratamiento de desinfección para la eliminación de las diferentes especies microbiológicas.



## 1. Aislamiento

### Toma de muestras

Se realizó una toma de muestras microbiológicas *in situ* para estudiar la presencia de microorganismos, y en el caso de su existencia, determinar el tipo de organismo y especie. Los materiales que se han utilizado para la toma de muestras son los siguientes:

- Hisopo: Se utilizan hisopos esterilizados en laboratorio. La técnica consiste en pasar el extremo del hisopo sobre la superficie de la mancha.
- Cinta adhesiva: Es un método muy eficaz para la toma de muestras, ya que recoge las células de la superficie de la mancha. Se ha de depositar la cinta adhesiva sobre la mancha, posteriormente se levanta y la muestra queda adherida a la cinta.
- Recogida de soporte original: Es el método más eficaz de los tres ya que se recoge el sustrato con la muestra intacta. La extracción se realiza mediante pinzas y se guarda en el tubo de eppendorf.

Las muestras se recogieron en condiciones de esterilidad, introduciéndolos en los tubos y placas estériles. Las muestras se conservan selladas hasta que se realiza la inoculación en los medios de cultivo respectivos.



Ilustración 61. Muestreo mediante toma de soporte original.



Ilustración 62. Toma de muestras con cinta adhesiva.

### Medios de cultivo

Las muestras tomadas en la fase anterior se inocularon en medios de cultivo específicos para el crecimiento de hongos. El medio de cultivo utilizado es el siguiente:

- Agar Saboureaud: Contiene glucosa, peptona y cloranfenicol. Es un medio selectivo para el crecimiento de los hongos.

### Inoculación y condiciones de cultivo

Una vez preparado el medio, las muestras se extendieron sobre nuevas placas de Petri con diferentes metodologías:

- Las muestras tomadas mediante hisopos se utilizaron de forma directa para sembrar estrías sobre el medio.
- Aquellas muestras que se tomaron con cinta adhesiva se depositaron al igual que realizado anteriormente con el hisopo, de forma directa sobre la placa de Petri.
- Para inocular los fragmentos de material, nos ayudamos de agua destilada. Se aplicaron gotas en el tubo de eppendorf y tras estar en contacto con el fragmento se depositaron sobre el medio de cultivo.

Una vez inoculadas, se incubaron las placas a 28°C bajo un seguimiento diario hasta que las colonias se hubieran desarrollado.

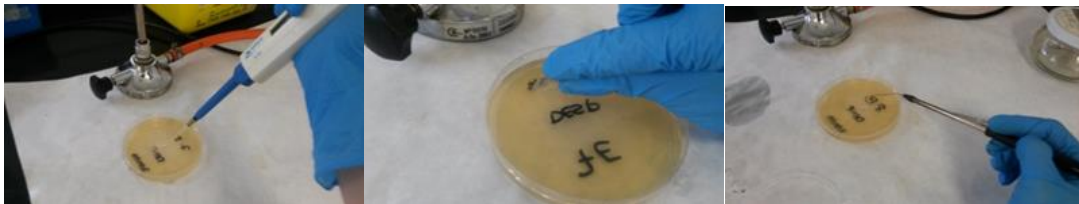


Ilustración 63 Extendido de la muestra



## 2. Aplicación del tratamiento de desinfección combinado de congelación y vacío.

Este nuevo tratamiento tiene una serie de ventajas, puesto que reúne las ventajas de los métodos de vacío y térmicos. Gracias a ello cumple con los criterios vistos anteriormente:

- Totalmente inocuo tanto para el restaurador, como para la obra y para el medio ambiente, puesto que no se utilizan desinfectantes químicos.
- La obra no sufre daños mecánico-físicos.
- Es rápido, de fácil uso y de bajo coste, ya que no requiere de maquinaria altamente especializada.
- Reduce con gran efectividad la presencia de microorganismos.
- Se han utilizado bolsas reutilizables y de gran tamaño válidas para formatos grandes.

Para realizar el estudio, se trataron diecisiete volúmenes pertenecientes al Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir, siglos XVI-XIX, con indicios de alteración microbiológica.

Los pasos a seguir son similares a los tratamientos explicados en el capítulo II. El primer paso que se llevó a cabo consistió en envolver los volúmenes en papel absorbente del tipo cocina de *Colhogar* como una alternativa más barata a la utilización del papel secante. Se descartó la utilización de papel de prensa empleada en otros estudios para evitar la posible mancha de la documentación por la migración de las tintas de impresión. Aquellos volúmenes más frágiles o que carecían de cubiertas, se protegieron con Reemay antes de añadir el papel absorbente y se fabricaron cubiertas temporales con cartón. De ese modo se evitó la deformación de las zonas más frágiles o deterioradas.

Se utilizaron bolsas de polietileno reutilizables *Make Life Easier* (55x90 cm) con cierre de cremallera y válvula para extraer el aire del interior, empleadas actualmente para el almacenamiento de ropa. Se utilizaron este tipo de bolsas por varias causas:

- Las bolsas alimentarias que se han estado usando para los tratamientos de vacío tradicionales eran demasiado pequeñas para nuestras obras. Las bolsas con cierre de cremallera son de gran formato, válidas para los volúmenes más grandes.
- Al cerrarse en modo *zipper* se podían reutilizar no requeríamos de una termoselladora, ahorrando costes por desecho de las mismas.
- Presentan una válvula para extraer el aire del interior. Este hecho permite la utilización del aspirador comercial en lugar de máquina de vacío.
- Uso de arcón de congelación *Whirlpool wh1410A+E* (64x57x83'5 cm).
- Se encuentran fácilmente en el mercado, ya que son de uso doméstico.

En cada bolsa se introdujo un volumen y tras comprobar que estaba bien cerrada, se hizo el vacío (disminución de la presión) extrayendo el aire del interior con un aspirador comercial a través de la válvula.

Una vez comprobado que el vacío se había realizado de forma correcta, y la bolsa estaba bien sellada, el volumen se llevó a una cámara congeladora a 20°C bajo cero.

La congelación se realizó en tandas de dos volúmenes. Se introdujo un volumen en una cesta de plástico (en total dos cestas con un volumen cada una) para permitir que la congelación se llevara a cabo homogéneamente. El tratamiento tres una semanas, tiempo considerado suficiente para que sea letal para los microorganismos y teniendo en cuenta el grueso de las obras.

Tras finalizar, los volúmenes se sacaron del congelador y se dejaron descongelar de forma paulatina a temperatura ambiente durante cuatro días. Finalmente, se extrajeron de la bolsa y se guardaron en nuevas cajas de almacenaje para su conservación.



Ilustración 14. Previa realización del vacío



Ilustración 15. Vacío realizado



Ilustración 16. Congelación de los volúmenes



Ilustración 17. Descongelación de los volúmenes a temperatura ambiente



Tabla 3: Comparación de tratamientos de desinfección tradicionales, bolsas alimentarias y bolsas con cierre *zipper*.

Tratamientos de desinfección tradicionales	Bolsas de polietileno alimentarias	Bolsas de polietileno con cierre en <i>zipper</i>
Obras de pequeño y gran formato	Obras de pequeño formato	Obras de pequeño y gran formato
Un solo uso	Un solo uso	Reutilizables
Productos tóxicos	Cierre con termoselladora	Cierre en cremallera
Instalaciones adicionales	Realización del vacío con prensa de vacío industrial	Realización de vacío con aspirador doméstico
Productos específicos para restauración	Se encuentran en el mercado	Se encuentran en el mercado

### 3. Análisis de las colonias aparecidas

Las colonias de hongos que aparecieron en los medios de cultivo se estudiaron mediante tinción y observación directa. Ambos métodos permiten tan solo la identificación fenotípica.

- Observación directa o macroscópica: Se observó el color, aspecto, la forma de la colonia y la textura.
- Tinción u observación microscópica: Para el estudio microscópico se realizó previamente una tinción sencilla con azul de metileno. La tinción permite observar las hifas, esporas y esporangios para que se puedan identificar. El análisis se realizó con el microscopio *Leitz Dialux 22* con objetivos de 40/60X. Simultáneamente a la observación se tomaron imágenes con una cámara *OlympusCamedia C-5060* acoplada al microscopio.

Muestras analizadas

Tabla 6: Muestras

Volumen	Fecha de recogida	Fecha de siembra
Volumen 1	26/05/2015	10/07/2015
Volumen 2	26/05/2015	10/07/2015
Volumen 3	30/04/2015	18/05/2015
Volumen 4	26/05/2015	13/07/2015
Volumen 5	28/04/2015	13/07/2015
Volumen 6	17/06/2015	7/10/2015
Volumen 7	17/06/2015	15/07/2015
Volumen 8	3/07/2015	15/07/2015
Volumen 9	29/09/2015	24/11/2015
Volumen 10	29/09/2015	24/11/2015
Volumen 11	9/12/2015	9/12/2015
Volumen 12	9/12/2015	9/12/2015

Volumen 1		Volumen 2	
<b>MA</b>	Tapa anterior	<b>MA</b>	Tapa anterior
<b>MB</b>	Portada	<b>MB</b>	Página 1
<b>MC</b>	Entre páginas 2 y 3 (hoja no numerada)	<b>MC</b>	Expediente 13 (hoja no numerada)
<b>MD</b>	Página 333.	<b>MD</b>	Página 644.
<b>ME</b>	Página 389.	<b>ME</b>	Página 870.
<b>MF</b>	Tapa posterior.	<b>MF</b>	Tapa posterior

Volumen 3		Volumen 4	
<b>MA</b>	Tapa anterior	<b>MA</b>	Página 94
<b>MB</b>	Portada	<b>MB</b>	Página 109
<b>MC</b>	Página 1	<b>MC</b>	Página 203
<b>MD</b>	Página 89	<b>MD</b>	Página 333
<b>MF</b>	Página 228	<b>ME</b>	Página 335
<b>MG</b>	Página 950	<b>MF</b>	Última página (sin numerar)
<b>MH</b>	Página 1.168		
<b>MI</b>	Contraguarda		
<b>MJ</b>	Contra tapa posterior		
<b>MK</b>	Tapa posterior		

Volumen 5		Volumen 6	
<b>MA</b>	Tapa anterior	<b>MA</b>	Tapa anterior
<b>MB</b>	Página 1	<b>MB</b>	Página 1, expediente 1
<b>MC</b>	Página 53	<b>MC</b>	Página 503
<b>MD</b>	Página 60	<b>MD</b>	Hoja anterior a Expediente 23 (sin numeración)
<b>ME</b>	Página 75	<b>ME</b>	Contratapa posterior
<b>MF</b>	Página 313	<b>ME</b>	Contratapa posterior
<b>MG</b>	Página 878		
<b>MH</b>	Página 1.139		
<b>MI</b>	Contraguarda		

Volumen 7		Volumen 8	
<b>MA</b>	Contra tapa anterior	<b>MA</b>	Contra guarda
<b>MB</b>	Expediente 1	<b>MB</b>	Guarda
<b>MC</b>	Página 296	<b>MC</b>	Página 208
<b>MD</b>	Página 640	<b>MD</b>	Página 394
<b>ME</b>	Página 725	<b>ME</b>	Página 908
<b>MF</b>	Solapa corte delantero	<b>MF</b>	Tapa posterior

Volumen 11		Volumen 12	
<b>MA</b>	Lomo	<b>MA</b>	Tapa anterior
<b>MB</b>	Página 9	<b>MB</b>	Expediente 2
<b>MC</b>	Página 550, expediente 12	<b>MC</b>	Página 1.967
<b>MD</b>	Página 1.423	<b>MD</b>	Última hoja, sin numeración
<b>ME</b>	Contratapa posterior	<b>ME</b>	Contratapa posterior

Volumen 16		Volumen 24	
<b>MA</b>	Tapa anterior	<b>MA</b>	Tapa anterior
<b>MB</b>	Página 164	<b>MB</b>	Pág. Posterior a la portada, sin numerar
<b>MC</b>	Hoja sin numerar	<b>MC</b>	Página 17, segunda parte
<b>MD</b>	Página 203	<b>MD</b>	Página antes del índice, sin numeración
<b>ME</b>	Página 246	<b>ME</b>	Contratapa posterior
<b>MF</b>	Página 283		
<b>MG</b>	Página 394		
<b>MH</b>	Página 426		
<b>MI</b>	Página 572		
<b>MJ</b>	Página 700		
<b>MK</b>	Página 738		
<b>ML</b>	Página 816		
<b>MM</b>	Página 876		
<b>MN</b>	Página 879		
<b>MÑ</b>	ContraGuarda		

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Identificación de la especie

Los resultados que se obtuvieron tras la inoculación de las muestras antes de realizar el tratamiento, demuestran que el Fondo presentaba deterioro microbiológico causado por la elevada presencia de hongos.

Podemos observar, que los hongos presentes en el Fondo se corresponden con algunos de los vistos en capítulo I: *Alternaria*, *Levadura*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium* y Grupo *Múcor*.

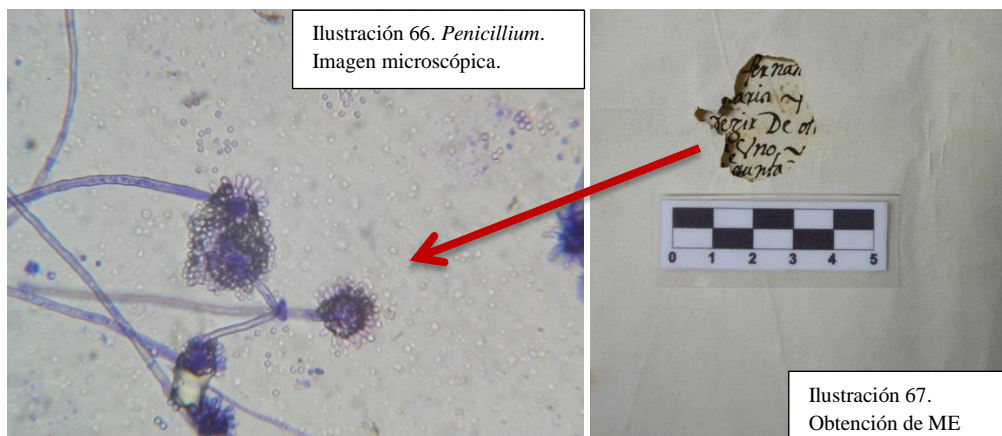
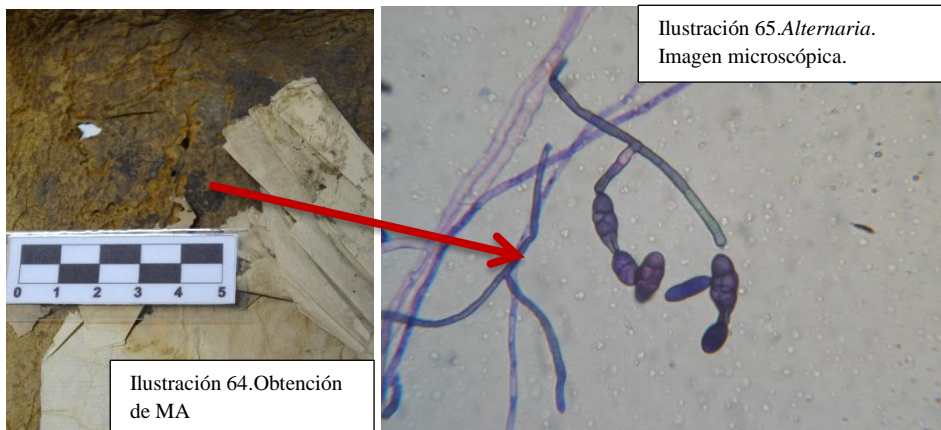
Una vez aplicado el tratamiento de desinfección, se repitió el muestreo y aislamiento para comprobar la efectividad del tratamiento. Los resultados de la segunda inoculación fueron muy variables:

- En los volúmenes 4, 5, 6, 9 y 10 no se desarrollaron microorganismos.
- En los volúmenes 1, 2, 3, 7, 8, 16 y 24, si se desarrollaron los cultivos.
- Los volúmenes 7 y 8 sufrieron una contaminación. En este caso el tratamiento de desinfección se ejecutó dos veces, ambas con resultados negativos, puesto que los hongos inoculados antes del tratamiento no se corresponden con los aparecidos tras la desinfección.

En las siguientes tablas podemos observar de forma esquemática los resultados de las muestras obtenidas durante el desarrollo del protocolo de actuación.

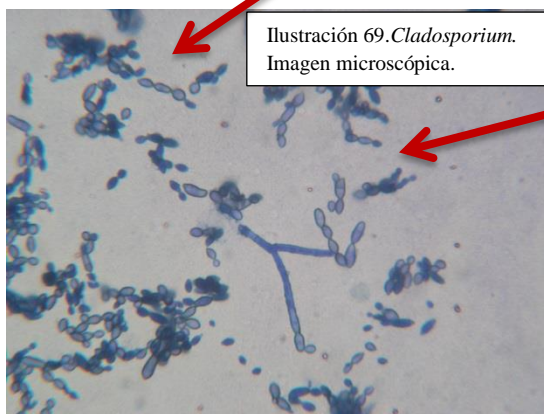
Volumen 1

MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	<i>Alternaria</i>	<i>Alternaria</i>
MB	<i>Cladosporium</i>	-
MC	<i>Levadura</i>	-
MD	-	-
ME	<i>Penicillium</i>	-
MF	-	-



Volumen 2

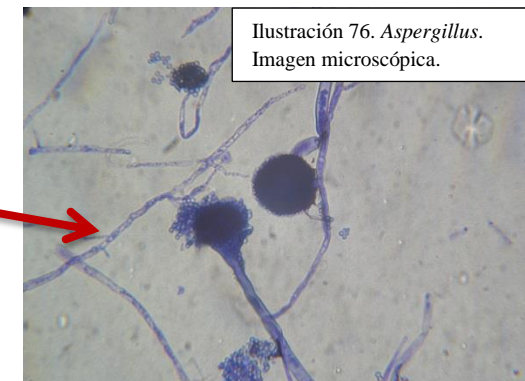
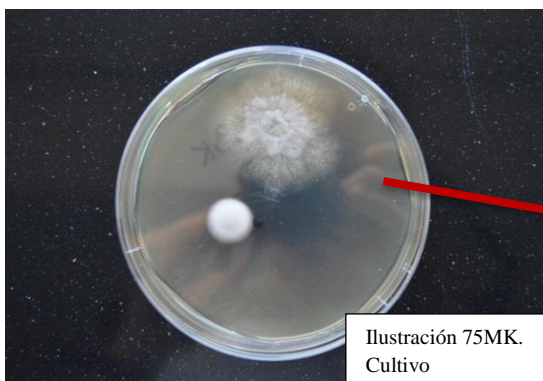
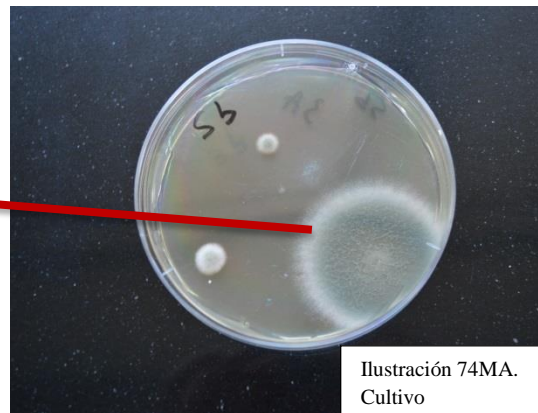
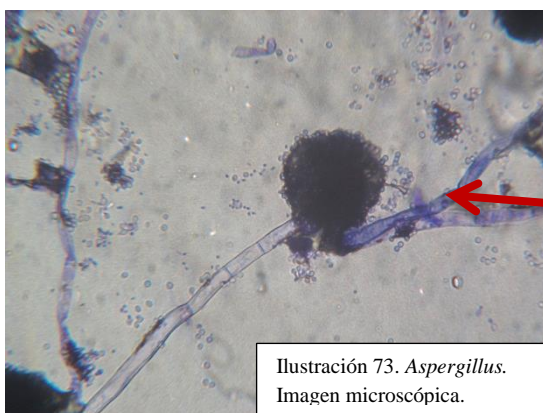
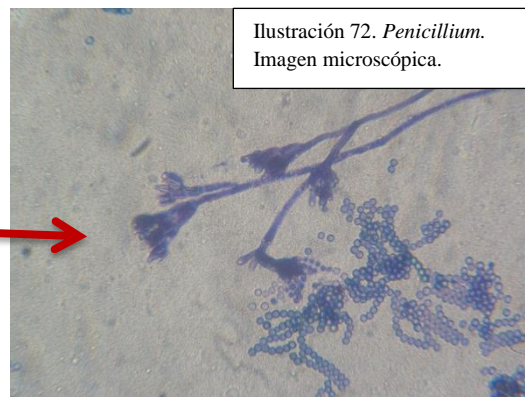
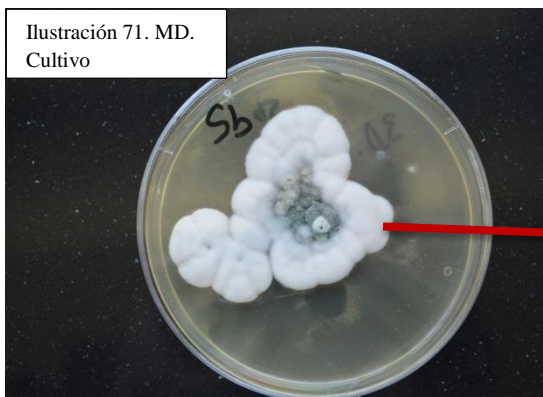
MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	-	-
MB	<i>Penicillium</i>	-
MC	-	-
MD	<i>Cladosporium</i>	-
ME	<i>Grupo alternaria</i>	-
MF	<i>Penicillium</i> y <i>Alternaria</i>	<i>Aspergillus/Alternaria</i> y <i>Cladosporium/ Penicillium</i>





Volumen 3

MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	<i>Aspergillum</i>	-
MD	<i>Penicillium</i>	<i>Alternaria</i>
MK	<i>Aspergillus</i> y <i>Alternaria</i>	-



Volumen 4

MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	-	-
MB	-	-
MC	-	-
MD	-	-
ME	<i>Aspergillus</i> y levadura	-
MF	-	-



Ilustración 77. *Aspergillus*. Imagen microscópica.

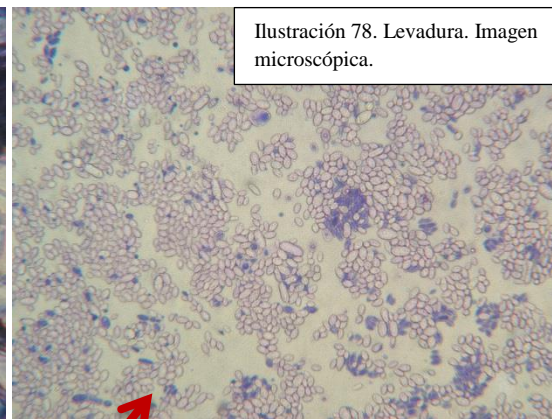


Ilustración 78. Levadura. Imagen microscópica.

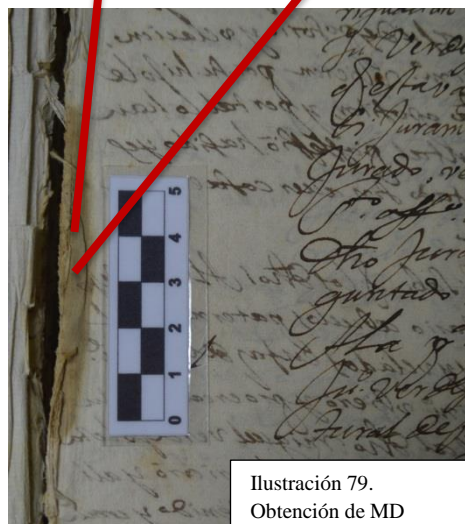
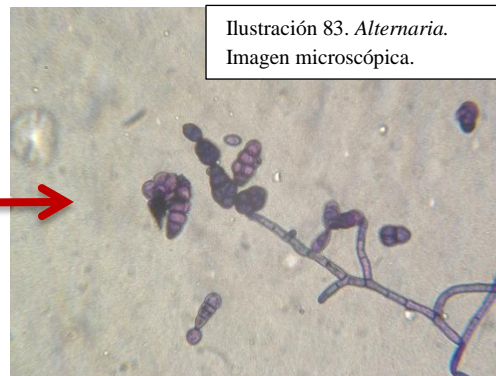
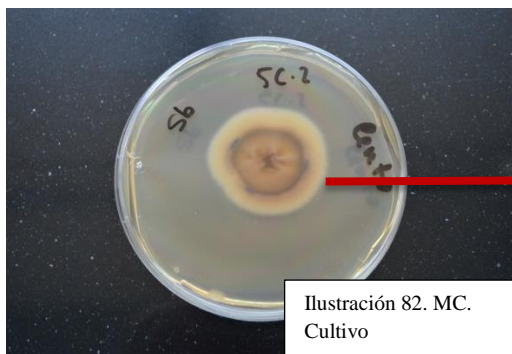
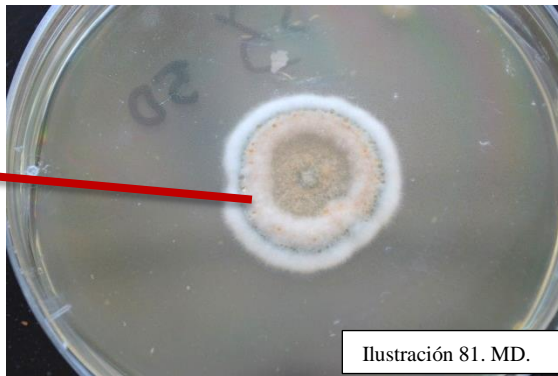
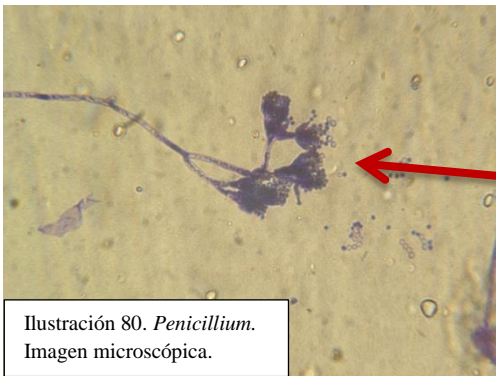


Ilustración 79. Obtención de MD

Volumen 5

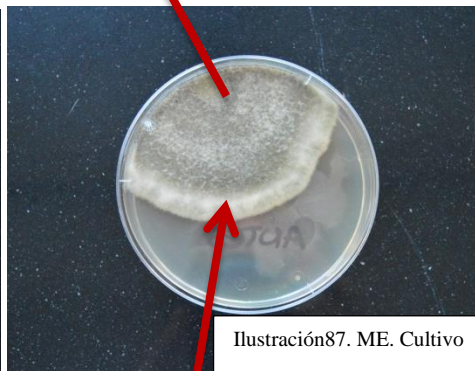
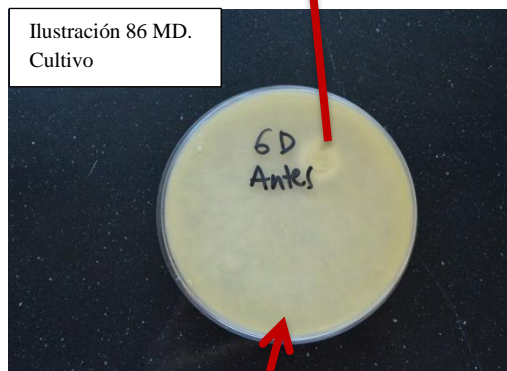
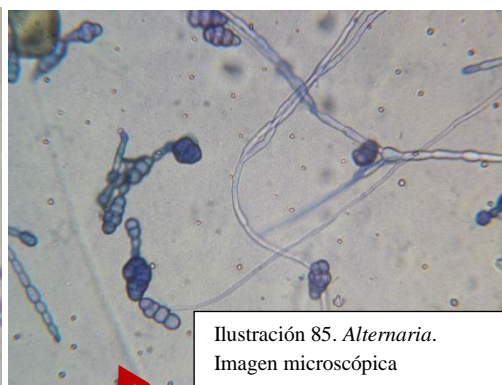
MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MC	<i>Alternaria</i>	-
MD	<i>Penicillium</i>	-
MJ	<i>Aspergillus</i>	-





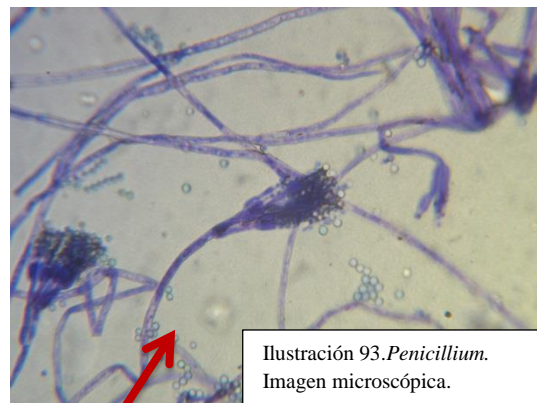
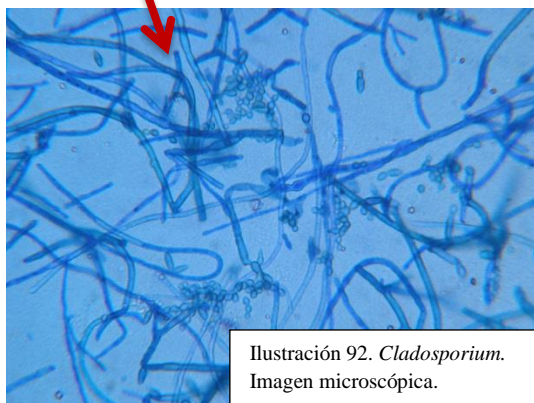
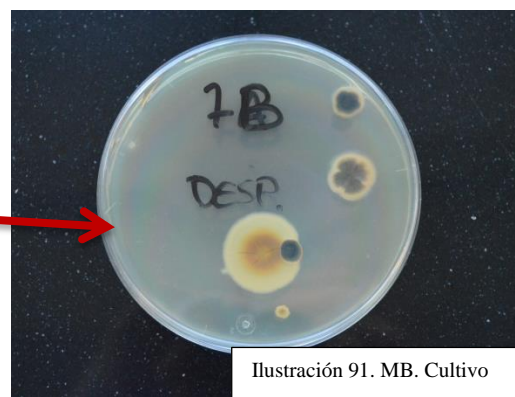
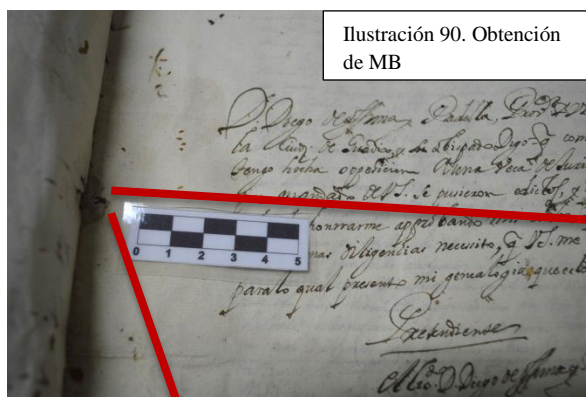
Volumen 6

MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	-	-
MB	-	-
MC	-	-
MD	Grupo <i>Múcor</i>	-
ME	<i>Alternaria</i>	-
MF	-	-



Volumen 7

MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	<i>Penicillium</i>	-
MB	<i>Penicillium</i> y levadura	<i>Cladosporium</i>
MC	-	-
MD	Levadura	-
ME	<i>Penicillium</i>	<i>Cladosporium</i>
MF	Actino-bacteria	-



Volumen 8

MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	<i>Penicillium</i>	-
MB	<i>Aspergillus</i>	Grupo <i>Alternaria</i> y colonia no identificable
MC	Colonia no identificable	<i>Cladosporium</i>
MD	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>
ME	Levadura	-
MF	<i>Penicillium</i>	<i>Cladosporium</i>

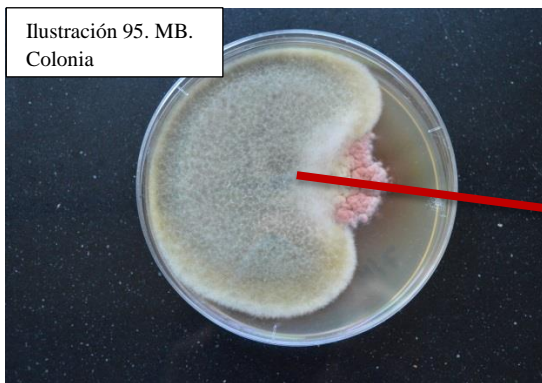


Ilustración 95. MB. Colonia

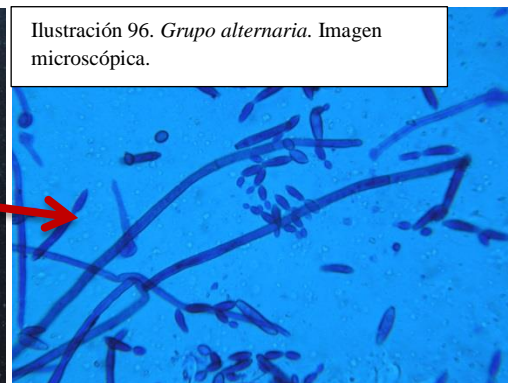


Ilustración 96. Grupo *alternaria*. Imagen microscópica.

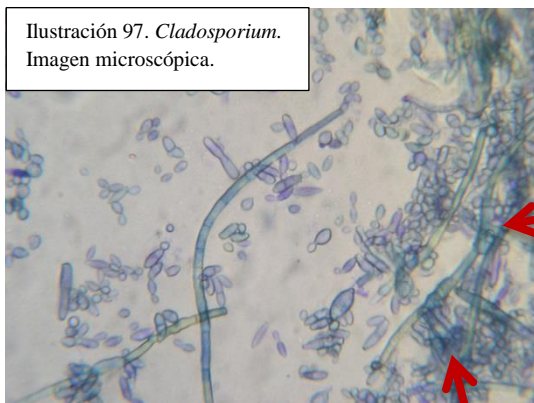


Ilustración 97. *Cladosporium*. Imagen microscópica.



Ilustración 98. MD. Cultivo

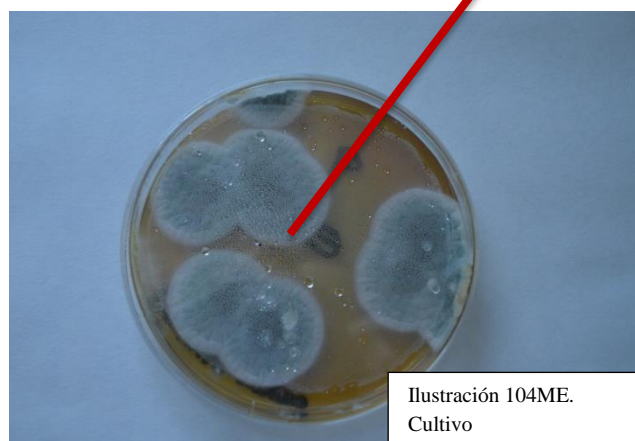
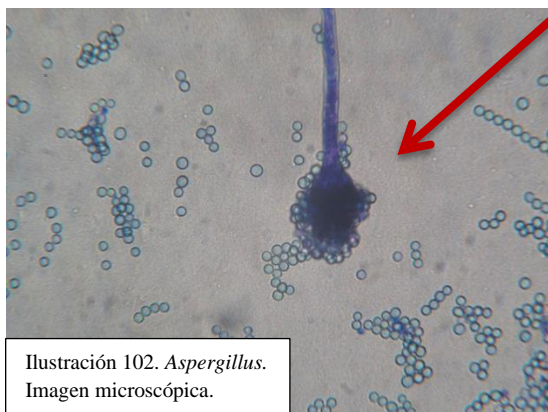
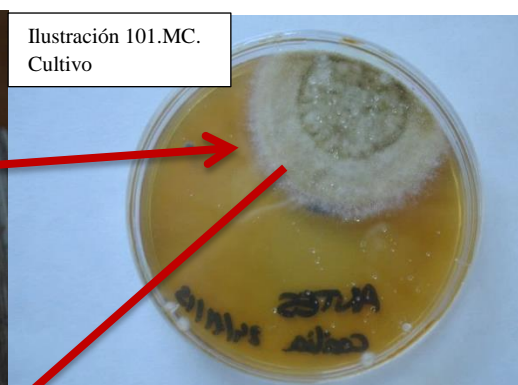
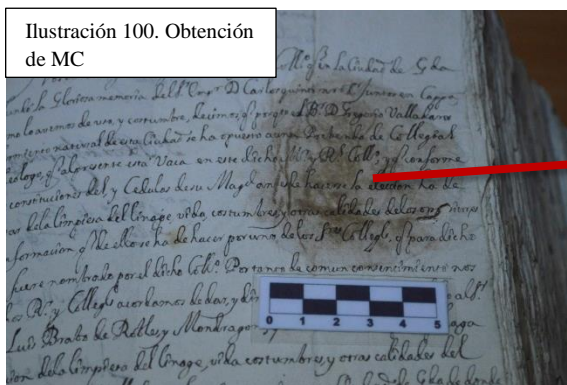


Ilustración 99. Obtención de Muestra D



Volumen 9

MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	-	-
MB	-	-
MC	<i>Aspergillus</i>	-
MD	<i>Penicillium</i>	-
ME	<i>Penicillium</i>	-
MF	-	-



Volumen 10

MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	-	-
MB	-	-
MC	<i>Aspergillus</i>	-
MD	-	-
ME	-	-
MF	-	-

Ilustración 105.MC.  
Cultivo

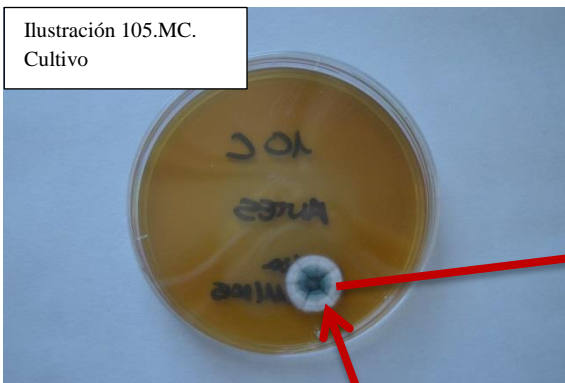


Ilustración 106. *Aspergillus*.  
Imagen microscópica.

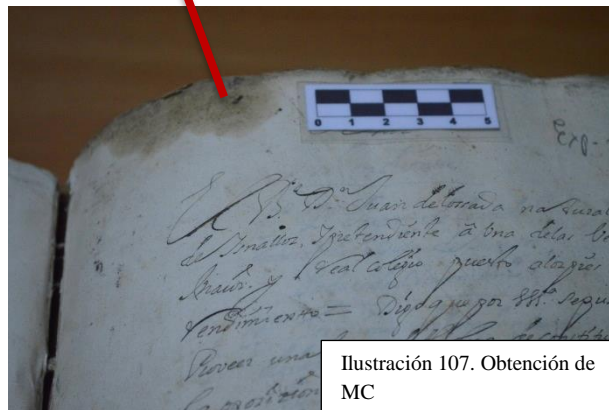
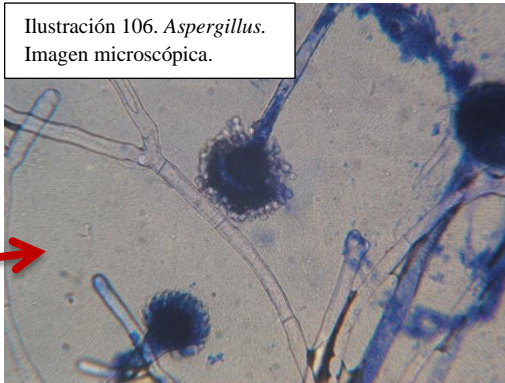
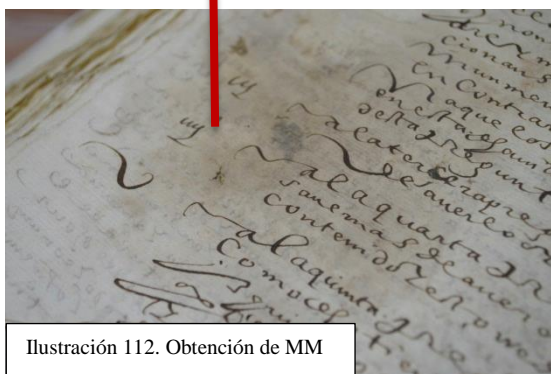
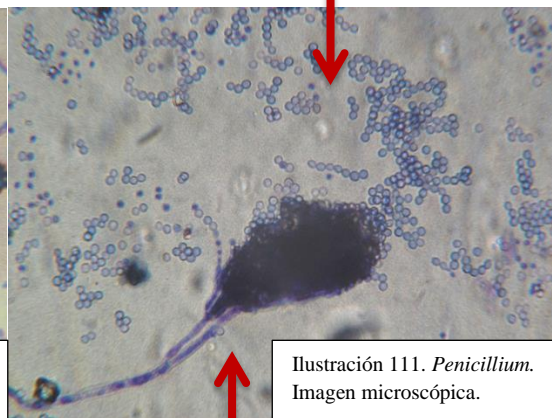
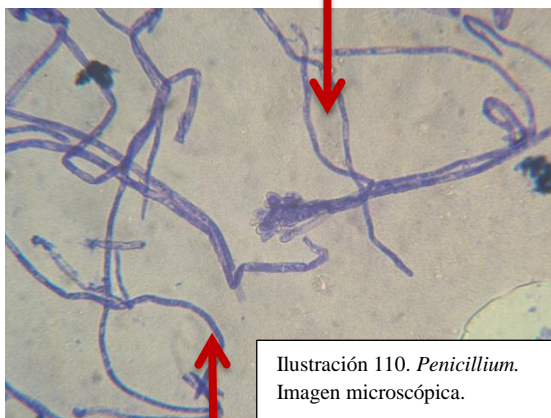
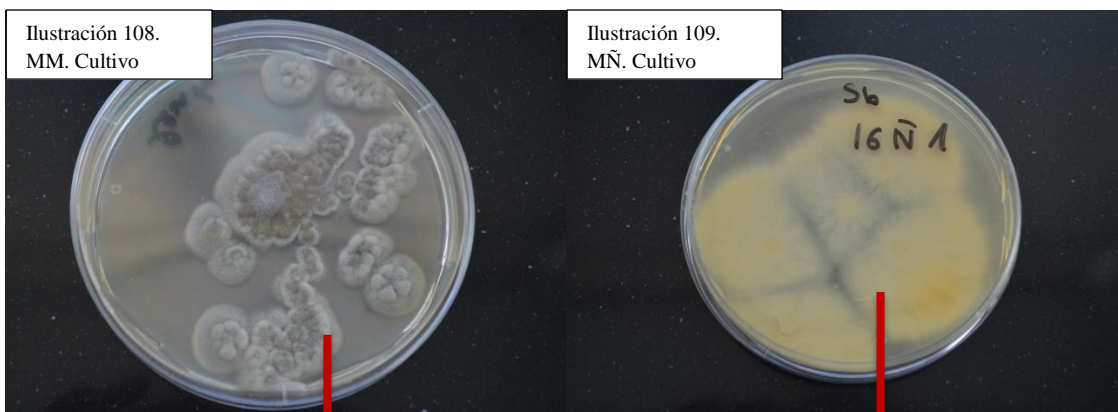


Ilustración 107. Obtención de MC



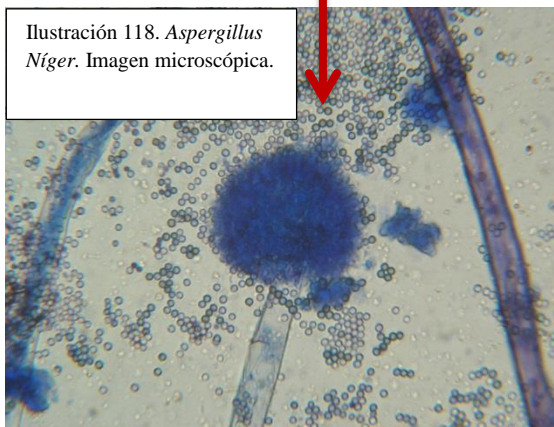
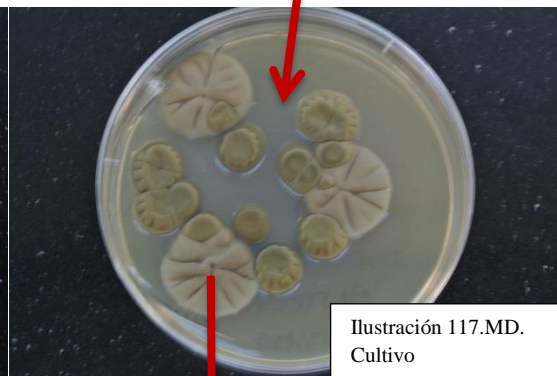
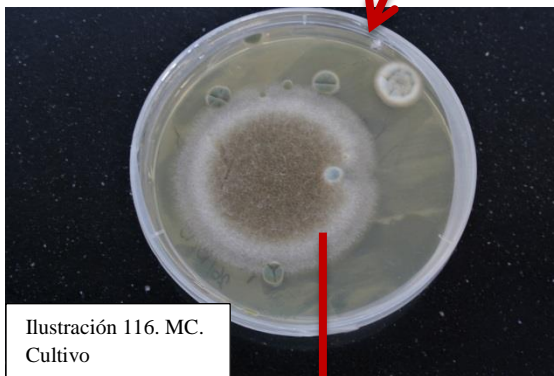
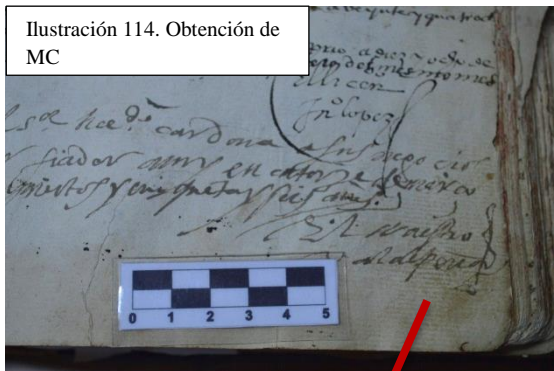
Volumen 16

MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	<i>Penicillium</i>	<i>Penicillium</i>
MI	<i>Aspergillus</i>	-
MM	<i>Cladosporium</i> y <i>Penicillium</i>	-
MÑ	<i>Penicillium</i> y <i>Aspergillus</i>	-



Volumen 24

MUESTRAS	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
MA	-	-
MB	<i>Cladosporium</i>	<i>Alternaria</i> y <i>Rizopus</i>
MC	<i>Aspergillus Níger</i> , <i>Penicillium</i> y <i>Cladosporium</i>	-
MD	<i>Cladosporium</i>	-
ME	-	-



## 2. Idoneidad del tratamiento

Como hemos visto en el apartado anterior, tras la aplicación del tratamiento combinado de congelación y vacío, los resultados han sido muy diferentes. Se ha conseguido disminuir de forma muy efectiva la presencia de microorganismos con el tratamiento combinado, sin embargo se han observado algunos aspectos que consideramos relevantes:

- El volumen de cada uno de los documentos. El grosor de las obras varía entre 8'8 cm (el grosor más pequeño) y 18'3 cm (el mayor grosor existente), por lo que la congelación no se llegaba a alcanzar de forma correcta en el tiempo estipulado en la bibliografía (48-72 horas). En base a ese hecho, se decidió incrementar el tiempo de permanencia en el congelador hasta tres semanas.
- El método se comenzó tratando los volúmenes de tres en tres con el fin de acortar el tratamiento para toda la colección, sin embargo, el volumen que estaba más cerca de la superficie de la cámara no conseguía una congelación tan buena como los dos inferiores para su total congelación. Por lo tanto, se decidió llevar a cabo el tratamiento en tandas de dos. De esta forma se consiguió la congelación óptima de las obras.
- Idoneidad de los contenedores. El enfriamiento del congelador no era homogéneo y acumulaba agua congelada en las paredes, que se derritió en un fallo eléctrico, por lo que hubimos de desalojar los volúmenes para evitar daños en los mismos.
- Durante el tiempo de congelación, algunas de las bolsas perdieron el vacío tras el segundo uso, factor muy determinante para el resultado final.

Las bolsas utilizadas para los volúmenes 3, 4, 7, 8, 11 y 12 perdieron el vacío. De las muestras recogidas tras el tratamiento, las muestras de los volúmenes 3 (MD) y 12 (MA) fueron positivas. Las muestras obtenidas del volumen 8 siguieron activas (MA, MB, MC, MD y MF), y en el volumen 7 siguieron activas dos (MB y ME) tras realizar por segunda vez el tratamiento.

- Algunas de las bolsas quedaron contaminadas tras el tratamiento infectando. Al reutilizarlas la documentación que se insertó con posterioridad quedó contaminada. Esto lo hemos podido observar muy claramente en los volúmenes 2, 3, 7, 8 y 24. La muestra 7MA antes del tratamiento era *Penicillium* y tras la segunda congelación el resultado fue *Cladosporium*; la 7MD, antes del tratamiento fue una levadura y después de tratarlo, el resultado obtenido fue *Cladosporium*.

En el volumen 8 ocurrió lo mismo. La muestra 8MA antes del tratamiento se componía de *Aspergillus* y *Penicillium* y tras ser tratado, el resultado fue *Cladosporium*.

Originariamente, la muestra 24MB era *Cladosporium* y tras ser tratado, aparecieron *Alternaria* y *Rizopus*. En 2MF además del *Penicillium* y *Alternaria* aparecieron *Aspergillus* y *Cladosporium*.

Por lo tanto, tras estudiar los efectos de pérdida de vacío y contaminación se observó que tras dos usos, las bolsas perdían el vacío y que se contaminaban, llegamos a la conclusión que no se debían reutilizar. En los volúmenes restantes (4, 3, 5, 6, 9, 10, 11 y 12) se utilizaron bolsas nuevas y el resultado obtenido fue bueno. Los resultados obtenidos en este trabajo quedan abiertos a futuras investigaciones para seguir profundizando en el estudio del tratamiento de desinfección y del comportamiento que presentan los microorganismos ante el mismo.



## VI. CONCLUSIONES

Tras finalizar el trabajo hemos podido comprobar que los hongos presentes y más comunes en el Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir son *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium* y *Aspergillus*. También están presentes pero de forma menos frecuente *Rizopus*, levaduras y el Grupo *Múcor*.

Además hemos extraído una serie de conclusiones sobre las ventajas que ofrece el tratamiento combinado de congelación y vacío:

- El uso de bolsas de almacenaje de ropa permite que se puedan tratar obras con grandes formatos, cosa que no es posible con las bolsas de alimentación.
- Es un método muy sencillo puesto que no requiere maquinaria adicional.
- Resulta bastante más económico que los tratamientos químicos, puesto que los materiales son de uso doméstico.
- Tras realizar la revisión bibliográfica de los diferentes tratamientos de desinfección y tras la aplicación práctica de nuestra metodología, se ha determinado que el tratamiento combinado de congelación y vacío es totalmente inocuo para la obra.
- La acción completa del vacío y congelación estudiada en la revisión bibliográfica y aplicada en el caso práctico obtiene muy buenos resultados. El tratamiento ha sido totalmente satisfactorio en los volúmenes 4, 3, 5, 6, 9, 10, 11 y 12.

También hemos detectado una serie de problemas, aunque fácilmente superables:

- Debido a la alta capacidad contaminante de los hongos a través de sus esporas, al reutilizar las bolsas se infectaron las obras posteriormente insertadas en éstas.
- Se ha comprobado que la pérdida del vacío afecta negativamente en el resultado final, no cumpliendo con la efectividad requerida.
- Tras dos usos, la bolsa pierde su acción de vacío.

Por lo tanto, se ha determinado que las bolsas han de ser desechadas una vez finalizado el tratamiento para evitar los problemas expuestos. Debemos añadir, que esta problemática ha de ser tomada como punto de partida para futuras líneas de estudio en base al comportamiento de los microorganismos ante el tratamiento para su completa eliminación. Se ha de tener en cuenta que existen una amplia gama de factores que influyen en la obtención de los resultados. No obstante, hemos podido demostrar que la combinación de la congelación y el vacío puede llegar a obtener resultados excelentes en futuras aplicaciones.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- ALLO MANERO, A. (1997) Teoría e historia de la conservación y restauración de documentos, *Revista General de Información y Documentación*, 7, no. 1, 253-296.
- CRESPO, C. VIÑAS, V. (1984) La Preservación y restauración de documentos y libros en papel: un estudio del RAMP con directrices, UNESCO, París.
- DA SILVA et al (2006) Inactivation of fungi deteriorated paper materials by radiation. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 57, 163-167.
- DEACON, J.W. (2006) *Fungal Biology*, 4<sup>th</sup> edition, Blackwell Publishing.
- ES AUG PRINCIPAL CAJA 04555/012, Archivo de la Universidad de Granada.
- ES AUG CM, Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir, Archivo de la Universidad de Granada.
- FLORIAN, M.L. (1994) An Insect Pest Control Procedure: The freezing Process, *Conserve o Gram*, 3/6.
- GONZÁLEZ GARCÍA, S. Estudio de las encuadernaciones originales datadas de la Colección de manuscritos árabes de la Biblioteca de la Escuela de Estudios Árabes de Granada. Universidad de Granada.
- IÁÑEZ, E. (2008) Curso de Microbiología, Departamento de Microbiología, Universidad de Granada.
- KATAPHALIA, Y. P. (1973) Conservation et restauration des documents d'archive, UNESCO, París.
- McCLEARY, M.J. (1987) Secado por congelación al vacío, método para salvar materiales de archivos y bibliotecas dados por el agua: Un estudio del RAMP con directrices, UNESCO, París.
- MONTELLS Y NADAL, F. (1870) Historia del origen y fundación de la Universidad de Granada, Imprenta de D. Indalecio Ventura, Granada.
- MONTERO REDONDO, S. (2008) Desinsectación por anoxia de las colecciones del Museo del Traje. CIPE

- NEWBOUND, M., McCARTHY, M.A., and LEBEL, T. (2010). Fungi and the urban environment, *A review. Landscape and Urban Planning*, 96, no. 3. 138-145.
- SERRANO RIVAS, A. y BARBACHANO S. MILLAN, P. (1987) Conservación y Restauración de mapas y planos y sus reproducciones: Un estudio del RAMP, UNESCO, París.
- STERFLINGER, K. y PINZARI, F. (2012) The revenge of time: fungal deterioration of cultural heritage with particular reference to books, paper and parchment. *Environmental Microbiology*, 14, 559-566.
- SILVERMAN et al (2007) Comparing Mass Drying and Sterilization Protocols for Water-Damaged Books. *The Book and Paper Group Annual*, 26, 85-97.
- TACÓN CLAVAÍN, J. (2008) La conservación en archivos y bibliotecas: Prevención y protección, Ollero & Ramos, Madrid.
- TACÓN CLAVAÍN, J. (2008) Secado de libros por empaquetado al vacío. Estudio de un caso práctico, Biblioteca Histórica Marqués de Valdecilla.
- TACÓN CLAVAÍN, J. (2010/2013) Los desastres en archivos y bibliotecas: Causas y efectos, protección y recuperación, Biblioteca Histórica Marqués de Valdecilla.
- VAILLANT CALLOL, M. (2013) Biodeterioro del patrimonio histórico documental: Alternativas para su erradicación y control. MAST
- VALENTÍN, N. (2004) Diseño y propuestas para el control y erradicación del biodeterioro. Microorganismos e insectos, Jornadas monográficas. Prevención del biodeterioro IPHE.
- VALENTÍN, N. (2010) El biodeterioro de las colecciones textiles. Pautas para su control y prevención, IPCE.
- WOOD LEE, M. (1988) Prevention and treatment of mold in library collections with an emphasis on tropical climates: a RAMP study, UNESCO, París.
- Instituto del Patrimonio Histórico Español. (2004). Jornadas monográficas. *Prevención del biodeterioro en archivos y bibliotecas*. Recuperado de [www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/M0901-02-4-2-5/07/2016](http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/M0901-02-4-2-5/07/2016) 11:27
- *Estructura y propiedades de las proteínas*. Recuperado de [www.uv.es/tunon/pdf\\_doc/proteinas\\_09.pdf](http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf) 06/09/2016 17:32



- *Paper Conservation Update: Bleaching and Fumigation* (1989) Abbey Newsletter, 13, N° 5. Recuperado de [cool.conservation-us.org/byorg/abbey/an/an13/.../an13-516.html](http://cool.conservation-us.org/byorg/abbey/an/an13/.../an13-516.html) 7/07/2016 11:26
- *Técnicas de eliminación y de conservación de microorganismos. Microbiología General* Recuperado de [www.unavarra.es/genmic/.../Tema%2003.%20Eliminacion%20y%20conservacion.pd](http://www.unavarra.es/genmic/.../Tema%2003.%20Eliminacion%20y%20conservacion.pd). 7/07/2016 11:33
- *Pentaclorofenol* Recuperado de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Pentaclorof.htm> 28/07/2016 10:13
- *Formaldehído y el riesgo de cáncer* Recuperado de <http://www.cancer.gov/espanol/cancer/causasprevencion/riesgo/sustancias/formaldehido/hoja-informativa-formaldehido> 28/07/2016 10:27
- *Freezing books to kill insects*, Recuperado de <https://www.library.cornell.edu/.../pestcontrol.html> 25/4/2015 10:44
- *Salvage Operations for Water Damaged Archival Collections: A Second Glance*, Recuperado de <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn19/wn19-2/wn19-206.html> 25/4/2015 11:15
- *Liofilización, Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica Facultad de Farmacia Universidad de Valencia*, Recuperado de <http://www.uv.es/~mbermejo/Freeze-Drying.pdf> 2/08/2016 18:04
- *Disaster Recovery. Salvaging Books*. Recuperado de [http://www.ccaha.org/uploads/media\\_items/technical-bulletinsalvagingbooks.original.pdf](http://www.ccaha.org/uploads/media_items/technical-bulletinsalvagingbooks.original.pdf) 13/07/2016 17: 16.
- *University Products*. Recuperado de [http://www.universityproducts.com/cart.php?m=product\\_list&c=2106](http://www.universityproducts.com/cart.php?m=product_list&c=2106) 16/07/2016 12:37
- *Envasar al vacío. Henkelman*. Recuperado de <http://www.henkelman.com/es/tecnolog%C3%ADa/envasar-al-vacio> 11/08/2016 13:06

- *Bolsas de Vacío online.* Recuperado de <http://www.bolsasdevacioonline.com/es/bolsas-gofradas-envasadoras-domesticas/103-gofrada-300x700-100-uds.html> 11/08/2016 13:10

## VIII. GLOSARIO

**Bol:** Tipos de arcillas formadas por una mezcla finísima de minerales de alúmina, de tacto untuoso y color rojo o amarillo debido a la presencia de óxidos de hierro utilizado para dorar. Es conocido como Bol de Armenia.

**Broche:** Cierre utilizado en los libros localizado en el corte lateral, en el superior o inferior para mantenerlos cerrados, impidiendo que las hojas se alabeen.

**Cabezada:** Bordado en hilo de lino o seda, que sirve como cosido de refuerzo en la cabeza y el pie del lomo del cuerpo del libro.

**Celulasa:** Enzima compleja especializada en descomponer celulosa, transformándola en múltiples monómeros de glucosa. Es característica de hongos y bacterias.

**Corte:** Superficie que presenta al exterior todos los cantos de las hojas de un libro. Puede ser de cabeza, delantero y de pie.

**Cortes dorados:** Libro que presenta los cortes de las hojas cubiertos de oro. Primero se aplicaba una base de bol rojo para que resaltase el dorado cuando el libro estaba cerrado y el encarnado cuando está abierto.

**Códice:** Libro manuscrito, generalmente anterior a la invención de la imprenta, formado por hojas plegadas, generalmente en papel o pergamino, en dos y reunidas en uno o más cuadernos cosidos con hilo a lo largo del pliegue.

**Cosido:** Unión de los cuadernos entre sí y con los nervios mediante hilo para mantener unido el cuerpo del libro.

**Cuadernillos:** Conjunto de bifolios, plegados y metidos unos dentro de otros y unidos por el centro mediante una o varias pasadas de hilo de costura.

**Cubiertas:** Conjunto de elementos que protegen exteriormente el cuerpo del libro.

**Diploide:** Organismo, tejido, célula o núcleo que posee un doble juego de cromosomas.

**Eflorescencia:** Cristales de sales, generalmente de color blanco, que se depositan en la superficie de los materiales.

**Elemento traza:** Compuesto químico que es necesario en cantidades ínfimas para el crecimiento, desarrollo y fisiología de un organismo.

**Encuadernación de cartera:** Encuadernación que posee una cubierta formada por dos tapas un lomo, y una solapa, generalmente de forma pentagonal que protege el corte delantero del libro y se superpone sobre la tapa principal.

**Encuadernación sin solapa:** Encuadernación compuesta por dos tapas y un lomo.

**Enzima:** Proteína que cataliza específicamente una reacción bioquímica del metabolismo.

**Fosfolípido:** Tipo de lípidos anfipáticos compuestos por una molécula de alcohol, a la que se unen dos ácidos grasos y un grupo fosfato.

**Glucanos:** Tipo de polisacáridos formados específicamente por unidades monómeras del monosacárido D-glucosa, unidos entre sí por medio de enlaces glucosídicos.

**Gofrado:** Decoración en la que los elementos decorativos han sido realizados con un estampado en seco, en hueco o en relieve, mediante la aplicación de hierros calientes y sin la aplicación de oro u otro metal.

**Guardas:** Folios de protección situados al inicio y al final del volumen.

**Guardas marmoleadas:** Guardas decoradas obtenidas mediante capilaridad de los colorantes esparcidos sobre la superficie del agua.

**Haploide:** Organismo, tejido, célula o núcleo que posee un único juego de cromosomas.

**Hisopo:** Palillo recubierto de algodón en un extremo.

**Humedad relativa:** Relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener.

**Inoculación:** Tomar una pequeña porción de la muestra y diluirla para dispersarla para que crezca con más facilidad en el medio de cultivo. Se puede inocular en medio líquido o en medio sólido.

**In situ:** En el lugar de origen.

**Legajo:** Atado de papeles, o conjunto de los que están reunidos por tratar de una misma materia.

**Lomo:** Parte del cuerpo del libro en la que se sujetan las hojas o los cuadernos para formar el volumen. Dicha unión puede llevarse a cabo mediante cosido o por aplicación de adhesivo.

**Lípido:** Conjunto de moléculas orgánicas que están constituidas principalmente por carbono e hidrógeno y oxígeno que resultan de la esterificación de alcoholes, como la glicerina y el colesterol, con ácidos grasos.

**Meiosis:** Proceso de división celular, propio de las células reproductoras, en el que se reduce a la mitad el número de cromosomas.

**Micelio:** Aparato vegetativo de los hongos que le sirve para nutrirse y está constituido por hifas.

**Metabolito:** Producto resultante del metabolismo.

**Nervios:** Cuerdas o tiras de cuero sobre las que se estructura el cosido y que se fijan posteriormente a las tapas. Durante el proceso de cosido, el hilo puede abrazar un único nervio (sencillo) o dos (dobles) en un mismo punto de su recorrido.

**Proteasa:** Enzima hidrolítica encargada de romper los enlaces peptídicos de las proteínas y mejorar su absorción.

**Quitina:** Carbohidrato que forma parte de las paredes celulares de los hongos

**Represión catabólica:** Reducción en la síntesis de enzimas implicadas en el catabolismo de azúcares, causada por la abundancia de glucosa o alguno de los derivados de esta.

**Revestimiento:** Cubierta o forro de las tapas y del lomo del libro.

**Septo:** Pared que separa dos cavidades o dos masas de tejido.

**Talo:** Cuerpo vegetativo de los hongos en el que no pueden diferenciarse una raíz, un tallo y unas hojas verdaderas y que carece de vasos conductores.

**Tapa:** Pieza de material más o menos rígida que forma parte de la cubierta, que puede o no cubrirse con el revestimiento y que se sitúa contra la primera o la última hoja del volumen protegiendo el cuerpo del libro.

**Tejuelo:** Parte de la encuadernación en que va el título del libro y otros datos bibliográficos. Se trata de una pieza de piel aserrada cuyo color resalta sobre el del fondo y va adherido al lomo.

**Tintas metaloácidas:** Tintas compuestas por metales y otras sustancias que al reaccionar entre sí producen ácidos, siendo éstos los causantes del deterioro de las obras.

**Zipper:** Cremallera/cierre.

## IX. ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>I. Factores biológicos de deterioro en archivos y documentos</b>	
- Ilustración 1. Fase de reproducción.....	11
- Ilustración 2. Microdeterioro de manuscrito.....	16
- Ilustración 3. Pergamino deteriorado por hongos.....	16
<b>II. Principales tratamientos de desinfección</b>	
- Ilustración 4. Estructura química del Pentaclorofenol.....	24
- Ilustración 5. Fórmula química del formaldehído.....	25
- Ilustración 6. Fórmula química del Ortofenilfeno.....	25
- Ilustración 7. Fórmula química del timol.....	26
- Ilustración 8. Armario de fumigación con timol utilizado en el Archivo Nacional de Nueva Deli.....	26
- Ilustración 9. Fórmula de óxido de etileno.....	26
- Ilustración 10. Fórmula química de bromuro de metileno.....	27
- Ilustración 11. Fórmula química de cloruro de benzalconio.....	27
- Ilustración 12. Sistema prensa de vacío con Zorbix.....	32
- Ilustración 13. Vacío con bolsas Archipress.....	32
- Ilustración 14. Previa realización del vacío.....	35
- Ilustración 15. Vacío realizado.....	35
- Ilustración 16. Congelación de los volúmenes.....	35
- Ilustración 17. Descongelación de los volúmenes a temperatura ambiente.....	35
<b>III. El Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir como objeto de estudio</b>	
- Ilustración 18. Volumen nº 9, cubierta de piel. Encuadernación de cartera.....	39
- Ilustración 19. Volumen nº 24, cubierta de tela, terciopelo. Encuadernación sin solapa.....	39
- Ilustración 20. Volumen nº 25, cubierta de pergamino. Encuadernación sin solapa.....	39

- Ilustración 21. Volumen nº 1. Tapa flexible.....	40
- Ilustración 22. Volumen nº 10. Tapa rígida.....	40
- Ilustración 23. Volumen nº 7. Cierre de piel.....	40
- Ilustración 24. Volumen nº22. Revestimiento gofrado.....	41
- Ilustración 25. Volumen nº 25. Lomo manuscrito.....	41
- Ilustración 26. Volumen nº 24. Tapas de papelón.....	41
- Ilustración 27. Volumen nº7. Cosido de diente de perro.....	42
- Ilustración 28. Volumen nº8. Cosido a la española.....	42
- Ilustración 29. Volumen nº 17. Cadenetas.....	42
- Ilustración 30. Volumen nº7. Doble nervio.....	42
- Ilustración 31. Volumen nº 24. Cabezada.....	42
- Ilustración 32. Volumen nº 25. Cabezada.....	42
- Ilustración 33. Volumen nº 1: Contraguarda.....	43
- Ilustración 34. Volumen nº 22: Guardas marmoleadas.....	43
- Ilustración 35. Volumen nº 2: Pérdida parcial del revestimiento...	44
- Ilustración 36. Volumen nº 4: Pérdida total del revestimiento y cubierta.....	44
- Ilustración 37. Volumen nº 7. Pérdida parcial del lomo.....	45
- Ilustración 38. Volumen nº17. Pérdida parcial de la cubierta.....	45
- Ilustración 39. Volumen nº24. Pérdida de adhesión del revestimiento.....	45
- Ilustración 40. Volumen nº24. Pérdida parcial del tejuelo.....	45
- Ilustración 41. Volumen nº 3. Tejuelo, manchas y alabeo.....	45
- Ilustración 42. Volumen nº22. Tejuelo, faltas.....	45
- Ilustración 43. Volumen nº3. Botón conservado.....	46
- Ilustración 44. Volumen nº5. Broche conservado.....	46
- Ilustración 45. Volumen nº11. Cierre conservado.....	46
- Ilustración 46. Volumen nº 24. Cierre perdido.....	46
- Ilustración 47. Volumen nº 25: Restos de cierres de piel.....	46
- Ilustración 48. Volumen nº 24. Corte vertical.....	46
- Ilustración 49. Volumen nº 4: Restos del cosido.....	47
- Ilustración 50. Libro nº 13. Cosido conservado.....	47



- Ilustración 51. Volumen nº 9: Contraguardas.....	47
- Ilustración 52. Volumen nº 22: Guardas en buen estado de conservación.....	47
- Ilustración 56. Volumen nº 16: Corrosión por tinta metaloácida.....	48
- Ilustración 57. Volumen nº 3: Pliegues, roturas y deformación por humedad.....	48
- Ilustración 58. Volumen nº 16. Mancha y fragilidad de soporte.....	49
- Ilustración 59. Volumen nº 4. Mancha.....	49
- Ilustración 60. Volumen nº1: Manchas en contratapa.....	49
<b>IV. Protocolo de actuación</b>	
- Ilustración 61. Muestreo mediante toma de soporte original.....	50
- Ilustración 62. Toma de muestras con cinta adhesiva.....	50
- Ilustración 63 Extendido de la muestra.....	51
<b>V. Resultados y discusión</b>	
- Ilustración 64.Obtención de MA.....	57
- Ilustración 65. <i>Alternaria</i> . Imagen microscópica.....	57
- Ilustración 66. <i>Penicillium</i> . Imagen microscópica.....	57
- Ilustración 67. Obtención de ME.....	57
- Ilustración 68. MD. Cultivo.....	58
- Ilustración 69. <i>Cladosporium</i> . Imagen microscópica.....	58
- Ilustración 70. Obtención de MD.....	58
- Ilustración 71. MD. Cultivo.....	59
- Ilustración 72. <i>Penicillium</i> . Imagen microscópica.....	59
- Ilustración 73. <i>Aspergillus</i> . Imagen microscópica.....	59
- Ilustración 74MA. Cultivo.....	59
- Ilustración 75MK. Cultivo.....	59
- Ilustración 76. <i>Aspergillus</i> . Imagen microscópica.....	59
- Ilustración 77. <i>Aspergillus</i> . Imagen microscópica.....	60
- Ilustración 78. Levadura. Imagen microscópica.....	60
- Ilustración 79. Obtención de MD.....	60

- Ilustración 80. <i>Penicillium</i> . Imagen microscópica.....	61
- Ilustración 83. <i>Alternaria</i> . Imagen microscópica.....	62
- Ilustración 82. MC. Cultivo.....	61
- Ilustración 84. Grupo <i>Múcor</i> . Imagen microscópica.....	62
- Ilustración 85. <i>Alternaria</i> . Imagen microscópica.....	62
- Ilustración 86. MD. Cultivo.....	62
- Ilustración 87. ME. Cultivo.....	62
- Ilustración 88. Obtención de MD.....	62
- Ilustración 89. Obtención de ME.....	62
- Ilustración 90. Obtención de MB.....	63
- Ilustración 91. MB. Cultivo.....	63
- Ilustración 92. <i>Cladosporium</i> . Imagen microscópica.....	63
- Ilustración 93. <i>Penicillium</i> . Imagen microscópica.....	63
- Ilustración 94. Obtención de MA.....	63
- Ilustración 95. MB. Colonia.....	64
- Ilustración 96. Grupo <i>Alternaria</i> . Imagen microscópica.....	64
- Ilustración 97. <i>Cladosporium</i> . Imagen microscópica.....	64
- Ilustración 98. MD. Cultivo.....	64
- Ilustración 99. Obtención de MD.....	64
- Ilustración 100. Obtención de MC.....	65
- Ilustración 101. MC. Cultivo.....	65
- Ilustración 102. <i>Aspergillus</i> . Imagen microscópica.....	65
- Ilustración 103. <i>Penicillium</i> . Imagen microscópica.....	65
- Ilustración 104. ME. Cultivo.....	65
- Ilustración 105. MC. Cultivo.....	66
- Ilustración 106. <i>Aspergillus</i> . Imagen microscópica.....	66
- Ilustración 107. Obtención de MC.....	66
- Ilustración 108. MM. Cultivo.....	67
- Ilustración 109. MN. Cultivo.....	67
- Ilustración 110. <i>Penicillium</i> . Imagen microscópica.....	67
- Ilustración 111. <i>Penicillium</i> . Imagen microscópica.....	67
- Ilustración 112. Obtención de MM.....	67

- Ilustración 113. Obtención de MN.....	67
- Ilustración 114. Obtención de MC.....	68
- Ilustración 115. Obtención de MD.....	68
- Ilustración 116. MC. Cultivo.....	68
- Ilustración 117. MD. Cultivo.....	68
- Ilustración 118. <i>Aspergillus</i> . Imagen microscópica.....	68
- Ilustración 119. <i>Cladosporium</i> . Imagen microscópica.....	68