

TFG

**PROPUESTA DE CONSERVACIÓN
PREVENTIVA EN OBRAS DE ARTE
CONTEMPORÁNEAS:
EL DESAFÍO DEL BIODETERIORO EN EL POLIMATERIALISMO**

**Presentado por C. Nadine Zmeu
Tutor: María Del Pilar Bosch Roig**

**Facultat de Belles Arts de Sant Carles
Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales
Curso 2020-2021**



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES**

RESUMEN

El biodeterioro se encuentra entre una de las patologías que afectan al patrimonio cultural más frecuente y su aparición responde a numerosos factores, por lo que la conciencia del riesgo que supone sobre la materia patrimonial y el estudio de las condiciones de conservación preventiva para evitar su desarrollo se presentan como imprescindibles.

Con la evolución de la producción en masa de materiales ampliamente accesibles, los criterios de elección de la composición de una obra de arte ya no responden al cuidado tradicional, reduciendo su expectativa de conservación a la confianza en estos materiales de carácter novedoso, con los que no se relaciona el ataque biológico.

En este trabajo se pretende realizar una propuesta de conservación preventiva en base a la tipología biológica incidente observada sobre materiales empleados en obras de arte contemporáneas, caracterizadas por su procedencia industrial y que siguen siendo utilizadas en las piezas producidas en el escenario artístico actual.

Se recalca el riesgo sobre obras "polimaterialistas", que por su característica aglomeración de componentes someten a la totalidad del objeto artístico a una vigilancia y alivio del biodeterioro complicados y en ocasiones contradictorios para la naturaleza específica de cada uno de estos constituyentes.

El estudio concluye con el análisis crítico de propuestas de prevención y control de agentes biodeteriorantes correspondientes con los materiales seleccionados, así como también medidas de mantenimiento de piezas patrimoniales afectadas por ataques biológicos.

Palabras clave: biodeterioro, arte contemporáneo, polimaterialismo, conservación preventiva, materiales artísticos

ABSTRACT

Biodeterioration is among one of the most frequent pathologies that affect cultural heritage and its appearance responds to numerous factors. Awareness of the risk it poses to heritage material and the study of preventive conservation conditions to stop its development present themselves as essential.

With the evolution of mass production of widely accessible materials, the criteria for choosing the composition of a work of art no longer responds to traditional premises, reducing the conservational expectation to the reliance on materials of a novel nature, with which the possibility biological attack is not associated.

This work aims to develop a preventive conservation proposal based on the incident biological typology observed on materials used in contemporary works of art, characterized by their industrial origin and that continue to be used in the pieces produced in the current artistic scene.

The risk of "polymaterialist" works is emphasized. Due to their characteristic agglomeration of components, they subject the totality of the artistic object to a complicated surveillance and relief from biodeterioration that is sometimes contradictory for the specific nature of each of these constituents.

The study concludes with the critical analysis of biodeterioration prevention and control proposals for the selected materials, as well as maintenance measures for heritage pieces affected by biological attacks.

Key words: biodeterioration, contemporary art, polimaterialism, preventive conservation, artistic materials

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Objetivos	5
3. Metodología	6
4. Nuevo arte y polimaterialismo	7
5. Biodeterioro: definición	9
5.1. Factores de aparición	10
5.1.1. Factor material y biológico.....	10
5.1.2. Factor ambiental.....	10
5.2. Alteraciones	14
5.2.1. Alteraciones físicas y/o mecánicas.....	14
5.2.2. Alteraciones bioquímicas.....	14
5.3. Tipología biológica incidente: clasificación y organización	15
6. Biodeterioro de materiales empleados en obras de arte contemporáneas	21
6.1. Visión general	22
6.2. Criterios de elección	26
6.3. Material celulósico	27
6.3.1. Tableros derivados de la madera.....	28
6.3.2. Papel y cartón.....	29
6.3.3. Textiles.....	31
6.3.4. Celulosa modificada.....	31
6.4. Polímeros	32
6.4.1. Polímeros vinílicos.....	33
6.4.2. Polímeros no vinílicos.....	35
6.5. Pintura sintética	35
7. Plan de conservación preventiva: pasos previos	36
7.1. Métodos para la detección biológica	36
7.2. Consideraciones generales para la prevención	37
7.2.1. El conflicto de la compatibilidad preventiva.....	40
7.3. Medidas de curación y mantenimiento	42
8. Diseño de plan estratégico y orden de toma de decisiones	44
8.1. Consideraciones intrínsecas a la obra tratada	44
8.2. Consideraciones extrínsecas a la obra tratada	45
9. Propuesta de modelo de actuación adaptado a obras contemporáneas polimatéricas	46
10. Conclusiones	48
11. Bibliografía	49
12. Índice de imágenes	59

1. INTRODUCCIÓN

Con la ampliación de fronteras frente a la consideración artística a lo largo del último siglo, surge la necesidad por parte de los artistas, de alejarse de tradicionalismos y técnicas académicas, dando paso a tendencias artísticas que motivan la implementación del simbolismo propio de la pieza en la mezcla de materiales de diversa naturaleza y procedencia.

Entre la gran variedad matérica elegida, destacan materiales popularizados por el comercio libre y accesible de suministro artístico, que por su procedencia industrial no despiertan preocupación con relación a sus deterioros cuando el artista los elige.

El biodeterioro se encuentra entre una de las patologías más frecuentes y sobre obra contemporánea, dada la naturaleza de los soportes, bases, adhesivos o capas empleadas; no se concibe como expectativa, a pesar de su efecto y proliferación enteramente posible. Con este trabajo se propone un modelo de toma de decisiones y consideraciones acerca de la conservación preventiva de estas obras.

Para ello, la estructura expositiva del escrito sigue el proceso necesario para la evaluación de necesidades de piezas afectadas por biodeterioro. Como primer paso, la contextualización artística proyectada mediante el estudio es esencial para situar la premisa valorativa de la obra. En segundo lugar, el conocimiento sistémico del comportamiento biodeteriorante es necesario para establecer la seguridad de actuación preventiva, por lo que se dedica un apartado al estudio biológico. A continuación, y dada la naturaleza compositiva de las obras de técnica mixta, la familiarización con materiales relevantes y de uso preferente es un paso imprescindible para facilitar la toma de decisiones respecto a su conservación. Por último, y como resultado de los conocimientos recopilados, es posible establecer métodos de actuación pasivos y activos y con ellos exponer y adoptar la propuesta/modelo de actuación preventiva propio.

2. OBJETIVOS

El siguiente trabajo plantea como objetivo principal:

- Realizar una propuesta de conservación preventiva para la reducción del biodeterioro en soportes artísticos modernos polimaterialistas

Así como unos objetivos secundarios, que guían la evolución del análisis crítico:

- Considerar los tipos de biodeterioro sobre materiales específicos empleados en el arte contemporáneo.

- Conocer las técnicas para el control del biodeterioro en restauración del arte contemporáneo.

- Evaluar la situación de las obras polimaterialistas desde la conservación preventiva.
- Recopilar factores de riesgo y soluciones al biodeterioro sobre soportes concretos.

3. METODOLOGÍA

La metodología empleada para el desarrollo del siguiente trabajo ha seguido la siguiente estructura y puntos clave:

- Localización de fuentes bibliográficas relevantes
- Organización y recopilación de datos, filtrando la información necesaria
- Acotación de la extensión teórica y especificación de la problemática práctica
- Lectura e interpretación temática a través de la extensión teórica expuesta para la formulación de conclusiones y aportación novedosa acerca de un asunto escasamente concretado.

Se ha llevado a cabo la consulta virtual en buscadores especializados de artículos y recursos académicos apropiados, así como en bibliotecas online. Cabe destacar la relevancia de las referencias bibliográficas orientadas hacia la conservación preventiva, que indicaron el enfoque del trabajo, además de la recopilación bibliografía física relacionada con el deterioro biológico y el papel de la ciencia de la biología en conservación, y las fuentes bibliográficas centradas en el comportamiento físico-químico de materiales específicos y sus condiciones de biodeterioro.

El desarrollo teórico del cuerpo expositivo del trabajo ha comenzado con la exploración histórica del uso de materiales y cambio de tendencia y aplicación técnica de obras artísticas, así como sobre el polimaterialismo, su origen y el auge de la técnica mixta moderna. Se continuó con el estudio para concretar los efectos y causas del biodeterioro y así elaborar una clasificación técnica de los organismos biodeteriorantes más frecuentes sobre material artístico. Para el siguiente apartado, se investigaron los riesgos de cada material elegido individualmente para su recopilación según su uso en el arte contemporáneo. Por último, se ha realizado un estudio enfocado en la elaboración de un plan de conservación preventiva para la protección de obras de carácter matérico mixto, exponiendo el desafío que supone el compromiso con todos los componentes de la obra, y la armonía conservativa del conjunto.



Figura 1. Kurt Schwitters,
"Kleines Seemannsheim", 1926.



Figura 2. Kenneth Kemple,
"Paisaje suburbano in
memoriam", 1958. Chapa
metálica, madera y óleo sobre
"hardboard".



Figura 3. Giosuè Quadrini, 2016.

4. NUEVO ARTE Y POLIMATERIALISMO

Con la exponencial evolución del mundo postmoderno, la visión global de los eventos históricos y circunstancias sociopolíticas nutren la necesidad de la búsqueda de nuevos horizontes para satisfacer nuevas necesidades, clientes y proposiciones artísticas. La revolución francesa es el peldaño definitorio de una época, para puntualizar el comienzo de la edad moderna y dar la bienvenida a la reflexión de los artistas sobre su propia conciencia artística; los estilos representativos empleados ya existentes; y las líneas de investigación pendientes¹. Este nuevo permiso de exploración resulta en un siglo de producción artística prolífero, que finaliza con el desafío estilístico de la ola impresionista, marcando así las primeras pinceladas de la evolución y definición de lo que conocemos como arte moderno².

El desenfrenado desarrollo de un EE. UU. en construcción, y la libertad de una nación independiente a tradiciones fijas, potencian la experimentación y motivación artística expresionista, generando un epicentro artístico que pronto culminaría a través del océano³. Los artistas rehúyen la estética academicista, técnica y tradicionalmente estudiada para introducir nuevos valores semánticos, combinación de materiales y complejas técnicas para la evolución representativa (figuras 1 y 2)⁴. Ya no se pretende una representación visual literal, sino la expresión e interpretación más sincera del tema, tratando la obra como filtro definible⁵.

La disponibilidad de materiales crece con su industrialización y comercialización a un público interesado en estas nuevas tendencias, y que no responde, o no quiere responder a la tradición técnica (figuras 3 y 4). La máxima exposición del distanciamiento academicista fue por parte del movimiento dadaísta, introduciendo materiales y técnicas inesperados como el *collage*, fotomontaje o la determinación del objeto cotidiano como forma artística. El proceso creativo adquiere la importancia concluyente sobre el resultado, determinando el "gesto" y "dinamismo visual" como los elementos definitorios (figura 5)⁶.

Con la nueva era, en la que se abolen limitaciones entre el arte y la vida, acompañada por la política y economía emergente de finales de siglo XX: "el *postraditionalismo* da paso a la lenta introducción del pluralismo, que hizo posible la masificación del arte"⁷

¹ Ernst Hans Gombrich, *La historia del arte* (Madrid: Debate, 1997), pp. 499-533.

² *Ibid.*, p. 536.

³ *Ibid.*, p. 557.

⁴ Rosario Llamas Pacheco, *Arte contemporáneo y restauración: O cómo investigar entre lo material, lo esencial y lo simbólico* (Madrid: Tecnos, 2014), p. 15.

⁵ Gombrich, *Op. cit.*, p.574.

⁶ Llamas Pacheco, *Op. cit.*, p. 18.

⁷ Arthur C. Danto en Anna María Guasch, *La crítica discrepante: entrevistas sobre arte y pensamiento actual (2000-2011)*, Ensayos arte Cátedra (Madrid: Cátedra, 2012), p. 109.



Figura 4. Kurt Schwitters, "Relief", 1923.



Figura 5. Robert Motherwell, "View from high tower", 1944-45. Témperas, óleo, tinta, pasteles... sobre variedad de papeles y láminas de madera.

Con el ambiente descrito, los objetos artísticos comienzan a ser difíciles de categorizar respondiendo a los estándares tradicionales: los resultados son cada vez más diversos, y la decisión imprecisa e imprevisible (figura 6) de los materiales y técnicas empleados es la característica en común; surgiendo así la noción del "polimaterialismo", que se presenta en movimientos como el informalismo, tachismo, expresionismo abstracto o en el arte conceptual y experimental, cuyas obras presentan una mezcla de materiales sin precedentes, que además responden a técnicas de aplicación y medios no tradicionales, sin un estudio previo de su envejecimiento, priorizando la elección de materiales y objetos "liberados de su esclavitud estética"⁸. El estado psíquico del creador define esta elección⁹, resultando muchas veces en una menor atención y elaboración técnica, uso de soportes poco adecuados, elementos añadidos, etc.¹⁰.

La consideración restaurativa ante el tratamiento de estas piezas debe contar con la comprensión de la evolución descrita. El deterioro generado sobre los soportes constituyentes, afectan la legibilidad y asunción de obras que dependen de una materia que adquiere el valor de imagen por sí misma¹¹. Patologías como alteraciones cromáticas y de acabado; craquelados superficiales; deformaciones planimétricas y de películas suprayacentes; o la degradación fisicoquímica abarcan gran parte del discurso y preocupación en restauración de arte contemporáneo, dejando atrás la consideración de deterioro sobre obras "inmaculadas", "inalterables por el tiempo"¹² por su componente acrílico y sintético y su susceptibilidad al biodeterioro. Ejemplo de esta consideración es la obra "Tríptico" de Sophie Taeuber-arp, cuyo asentamiento fúngico en forma de "motas coloreadas distribuidas al azar alteran severamente la composición constructivista" y pueden observarse en la figura 7¹³.



Figura 6. Robert Rauschenberg, "Coexistence", 1961. Objeto cotidiano como protagonista artístico.

⁸ Anna María Guasch, *El arte último del siglo XX. Del posminimalismo a lo multicultural*, Alianza forma 145 (Madrid: Alianza, 2000), pp. 182, 398.

⁹ *Íbid.*, p. 94.

¹⁰ Llamas Pacheco, *Op. cit.*, p.113.

¹¹ Carlota Santabárbara Morera, «Heinz Althöfer, el inicio de la teoría de la restauración del arte contemporáneo», *erph_: revista electrónica de patrimonio histórico*, n.º 18 (2016), p. 59, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5576612>.

¹² *Íbid.*, p. 57.

¹³ Heinz Althöfer y Hiltrud Schinzel, *Restauración de pintura contemporánea: tendencias, materiales, técnica*, Conservación y restauración 1 (Madrid: Istmo, 2003), p. 34.

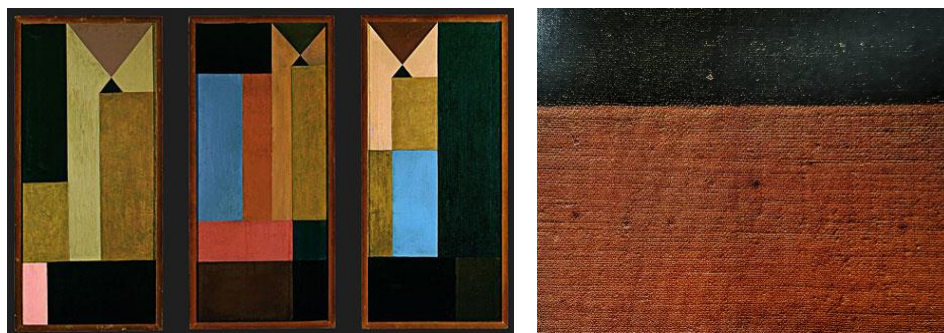


Figura 7. Obra “Tríptico” (derecha) y detalle (izquierda) de la alteración biológica. La presencia fúngica altera la imprescindible estética de la artista dadaísta.

5. BIODETERIORO: DEFINICIÓN

Para definir el biodeterioro, es preciso introducir el concepto dentro de la retórica de la conservación y restauración de obras de arte, por lo que la definición casi inalterable de Hueck¹⁴ como “cualquier cambio indeseable en las propiedades de un material causado por la actividad de seres vivos”, se traslada a la disciplina conservativa contemporánea como la degradación de una materia artística valiosa, que implica la pérdida de valores residentes de una obra, y dependiendo de los factores discrepantes de estos valores, constituirá una pérdida patrimonial mayor o menor.

La aparición de patologías a partir de una colonización o ataque biológico se debe siempre bien a la composición del material, es decir sus propias características intrínsecas; su ecosistema, el entorno ajeno a la pieza; o estas dos características combinadas. Así mismo, el resultado de esta presencia biótica termina con la alteración material física o química, produciendo patologías de tipo estético o compositivo. Para hablar de ecosistema, se debe recordar, que la propia obra de arte se define como “nicho ecológico”, en el que organismos productores (los autótrofos) y consumidores (los heterótrofos) constituyen la cadena trófica. Las bacterias, algas, líquenes y plantas son seres autótrofos que no precisan de los materiales presentes en su entorno para su nutrición, por lo que los daños causados a los sustratos no se clasifican como graves. Sin embargo, la incrustación y asentamiento mecánico, así como los productos resultantes de su metabolismo pueden ocasionar alteraciones. Los organismos heterótrofos (bacterias, hongos, insectos) precisan de la materia orgánica contigua para su nutrición: si el sustrato es orgánico los daños son irreversibles. Sobre superficies artísticas es típica la sustitución de especies por otras, bien por los cambios producidos sobre la pieza o el uso de materia viva de los seres vivos autótrofos por estos organismos consumidores¹⁵. Caben destacar las leyes de Liebig y Shelford, que definen la relación de las poblaciones biológicas y la limitación de su existencia en el medio. La primera,

¹⁴ H. J. Hueck, «The Biodeterioration of Materials as a Part of Hylobiology», trad. Centraal laboratorium TNO, 1965, p. 7, <http://resolver.tudelft.nl/uuid:cd2e06b7-2a61-4685-96b9-08a490c6e2c0>.

¹⁵ Giulia. Caneva, M.P. Nugari, y Ornella. Salvadori, *La biología en la restauración*, Arte y restauración 5 (Hondarribia; Sevilla: Nerea, 2000), p. 21.

denominada también ley del mínimo, expresa la necesidad de una cantidad mínima de sustancias esenciales para el crecimiento biológico, por lo que los agentes externos que se acercan al umbral de lo mínimo requerido para el desarrollo de vida son los factores limitantes. La segunda ley, la ley de la tolerancia, señala que la acción de agentes esenciales también presenta un máximo de proyección para el crecimiento de organismos vivos, surgiendo así un intervalo de tolerancia de valores demasiado altos y bajos para cada especie y parámetro¹⁶.

5.1. FACTORES DE APARICIÓN

Como se ha mencionado en el apartado 5, la aparición de seres vivos sobre un sustrato responde a factores intrínsecos a la obra y factores ajenos a ella.

5.1.1. Factor material y biológico

Responde a las características propias del objeto constituyente. Su composición, naturaleza y estructura se considera como factor de aparición. Sobre obras de arte, el estado físico es fundamental: la presencia de grietas, oquedades, poros, rugosidades, facilita la inserción biológica en la propia topografía material (figura 8).

La acumulación de polvo o particulado ambiental, y la tendencia al aumento del nivel de humedad de algunos materiales, también resulta en una invitación al crecimiento biológico. La metodología de realización define la estructura de la pieza, por lo que una mala preparación o combinación de materiales incompatibles son potenciadores del riesgo biológico¹⁷. Por último y en cuanto a la naturaleza de los objetos, las exigencias nutritivas de los organismos asentados determinan su presencia en estratos específicos. Un material sin presencia de grupos hidrocarbonados, de composición inorgánica, servirá como medio para organismos autótrofos, que son capaces de sintetizar las sustancias orgánicas necesarias para su desarrollo de manera independiente. Un material orgánico, por otro lado, posibilita el establecimiento de especies heterótrofas, que dependen del entorno para su nutrición.

5.1.2. Factor ambiental

Define los agentes abióticos del medio que motivan la aparición posterior de agentes bióticos sobre las obras, que generalmente, actúan en conjunto. Para la clasificación de los agentes ambientales, se deben analizar el clima (cuyos actores incluyen el agua, temperatura, luz y viento) y la composición del aire ambiental.



Figura 8. Las oquedades que presenta la superficie calcárea de la roca artificial sirven como espacio idóneo para el crecimiento de bacterias, hongos y como en la imagen, musgos.

¹⁶ *Ibid.*, p. 17.

¹⁷ Violeta Valgañón, *Biología aplicada a la conservación y restauración*, Patrimonio cultural 9 (Madrid: Síntesis, 2008), p. 83.

El **agua**, que se incluye dentro del agente general clima, puede incluirse dentro de la propia obra, por ser parte de su composición o encontrarse en las quequedades de esta, en el ambiente en forma de vapor de agua o líquida. El agua es imprescindible para el desarrollo vital, siendo la a^w ¹⁸ de la mayoría de las bacterias mayor de 0,98, pudiendo ciertos hongos y bacterias halófilas tolerar niveles más bajos¹⁹. Las cianobacterias y algas también se pueden adaptar a bajos niveles de agua, pudiendo reactivar su metabolismo con el retorno de condiciones favorables. En cuanto a las características acuosas, el valor del pH y la presión osmótica juegan un papel definitorio sobre la supervivencia biológica: la neutralidad del sustrato es preferida por la mayoría de los microorganismos y organismos. En cuanto a la presión osmótica, la diferencia de concentración definirá el flujo hídrico en las células componentes, por lo que si la solución externa a la membrana celular presenta una concentración salina alta (solución hipertónica), la célula no sobrevive²⁰. La humedad, que es agua vaporizada, es dañina para materiales higroscópicos, elementos que reaccionan químicamente con su contacto o que contienen sustancias solubles. Para cuantificar la humedad espacial, se calcula el valor de Humedad Relativa, que es el coeficiente de la humedad absoluta (masa de vapor de agua entre el volumen total de aire) entre la humedad de condensación (que se define como el volumen necesario para completar la condensación en dada instancia) y se expresa en forma de porcentaje. Con la humedad absoluta en aumento, el valor de la temperatura también aumenta, y el de la HR disminuye, siendo inversamente proporcionales. Por ello, debe ser posible el control de uno de estos valores en función del otro, ya que la mayoría de los organismos proyectan un crecimiento fructífero con un 65 – 70% de HR²¹.

La **temperatura** no es considerada un factor de riesgo ambiental independiente, el riesgo que presenta se califica junto con los efectos de la humedad y en ocasiones en las que su variación es brusca. Existen organismos que realizan sus procesos metabólicos bajo temperaturas de entre 0°C y 10°C, denominados psicrófilos. Los organismos termófilos, no obstante, se desarrollan a temperaturas de entre 30°C y 50°C y los mesófilos, que son la gran mayoría de organismos, proliferan bajo el rango de 25°C y 35°C²². Cuando el nivel de temperatura es menor a 0, el contenido acuoso del citoplasma se congela, por lo que se produce la muerte celular, disminuyendo la actividad metabólica y las reacciones químicas. En cuanto a la temperatura en espacios

¹⁸ **Parámetro de actividad del agua, cantidad de agua disponible para las reacciones químicas y bioquímicas metabólicas. Oscila entre valores de 0,6 y 0,998.**

¹⁹ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 25.

²⁰ *Ibid.*, p. 26.

²¹ Nieves Valentín Rodrigo, «Biodeterioro de los bienes culturales: Materiales orgánicos», en *La ciencia y el arte: ciencias experimentales y conservación del Patrimonio Histórico*, Vol. 1, 2008, p. 191

²² Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 30.

interiores, su nivel y variación no supone un factor limitante para el crecimiento biótico, actuando en ocasiones, como agente proactivo si existe calefacción artificial. El evento determinante, sin embargo, es la variación continuada de los niveles térmicos, que no solo determinan el valor de la humedad relativa (factor que si es expuesto a una fluctuación puede ser dañino) si no que somete a los materiales a fenómenos de contracción y dilatación, pudiendo generar grietas, craqueladuras, oquedades, etc. donde el asentamiento de comunidades biológicas resulta favorecido, siendo capaz de fisurar la pieza por su crecimiento.

La **luz** es la fuente vital para todos los organismos fotosintéticos, así como su periodicidad y duración. Existen especies como las heliófilas, que precisan de valores elevados para su crecimiento, y las especies esciófilas, de valores bajos. También hay especies cuya supervivencia es obstaculizada por la presencia lumínica, como las lucífugas o heliófobas (termitas, insectos de biblioteca o algunos hongos)²³.

Las radiaciones lumínicas se clasifican en tres tipos según su longitud de onda: Ultravioleta (300-400nm), Espectro visible (400-740nm) e Infrarroja (más de 740nm), siendo la primera y tercera dañina para los materiales orgánicos en especial. Las radiaciones electromagnéticas producen la rotura molecular biológica, perjudicando los ácidos nucleicos, que transportan la información genética²⁴²⁵, por lo que el deterioro lumínico será acumulativo dependiendo de la resistencia del material, intensidad radiactiva y tiempo de exposición²⁶. Cabe destacar la existencia de fuentes lumínicas artificiales como las lámparas incandescentes que mediante la combustión de una sustancia (aceite, gases inertes, halógenos, al vacío...), producen luz y calor (radiaciones visibles e infrarrojas); así como las lámparas de descarga que con la excitación de un gas (vapor de sodio o de mercurio) dentro de un tubo de vidrio producen radiaciones visibles y ultravioletas, que con la adición de filtros fluorescentes, resulta en la radiación de luz blanca (menor cantidad de radiación ultravioleta mediante el uso de lámparas fluorescentes de haluro metálico).

Por último, en cuanto a factores climáticos, del **viento** cabe destacar su efecto erosionante, así como la generación de eflorescencias dada la cristalización producida por el contacto en ambientes húmedos con las sales que transporta. También transporta los orgánulos reproductores vegetales y disgrega el particulado ambiental, por lo que facilita el asentamiento de microorganismos.

²³ «Luz», <https://biogeografia.net/factores2.html>.

²⁴ Fernando Garcés Toledano, *Alteraciones del DNA irradiado con luz ultravioleta*, (Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 1979), pp. 19-21, <https://eprints.ucm.es/id/eprint/53375/>.

²⁵ **Las cianobacterias son capaces de protegerse de radiaciones lumínicas mediante una repigmentación, que bloquea su incursión, generando pátinas oscuras/negras.**

²⁶ Valgañón, *Op. cit.*, p. 94.

La **composición del aire** del ambiente, rodea no sólo la obra sino también a los seres vivos, por lo que sus componentes tendrán la capacidad de alterar los objetos y limitar o permitir la actividad biológica. El aire se compone en su mayoría de nitrógeno (alrededor de un 78%) y oxígeno (21%), así como de dióxido de carbono (0,02%). La presencia de estos gases habilita la sucesión de procesos necesarios para la vida tal y como se conoce (la nutrición de los organismos fijadores de nitrógeno, respiración mediante oxígeno o la realización de la fotosíntesis gracias al CO₂), pero también pueden actuar como factores limitantes para el desarrollo biológico. Componentes normales del aire como los óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, hidratos, etc. pueden ser dañinos si su concentración es elevada²⁷. La **contaminación** presente en el aire recoge elementos naturales como polen, sales, partículas resultantes de la descomposición y respiración; y elementos de origen antrópico como hidrocarburos no combustionados compuestos de plomo, óxidos de carbono, azufre y nitrógeno, cenizas, ácido sulfúrico...²⁸ El efecto de elementos carbonados puede generar eflorescencias con el contacto de óxidos de carbono y agua, además de dañar pigmentos con óxidos y carbonatos en ambientes húmedos. Los compuestos de azufre corren el riesgo de sufrir la transformación a ácido sulfúrico con la unión del trióxido de azufre y el agua. Su efecto es la corrosión de metales, papel, fibras textiles o pinturas plásticas. La presencia de azufre estimula la presencia de bacterias como *Proteus*, *Campylobacter*, *Pseudomonas* o *Salmonella*, capaces de transformar el sulfuro de hidrógeno en ácido sulfúrico, estimulando a la vez la aparición de otras bacterias y hongos²⁹. En cuanto a compuestos nitrogenados, el ácido nítrico que reacciona con el oxígeno es capaz de corroer metales, piedra y materia orgánica, no obstante, su volatilidad no posibilita una degradación profunda. Microbacterias como *Nitrosococcus spp.* y *Nitrosospira spp.* producen HNO₃ mediante la oxidación del amoníaco y transformación posterior a nitratos³⁰. Por último, cabe mencionar la presencia de partículas en suspensión en el aire, este polvo se deposita sobre la superficie de los sustratos artísticos, y con

²⁷ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 39.

²⁸ Mariano José Gacto Fernández y Marina Gacto Sánchez, «Los microorganismos y el arte», *Anales de biología*, n.º 33 (2011), p. 111, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3929031>.

²⁹ «Bacterias productoras de H₂S (reductoras de sulfato, reductoras de sulfito, reductoras de azufre, y otras moléculas con azufre) - Cultivo cualitativo y cuantitativo; Identificación molecular (PCR y secuenciación). - IVAMI», <https://www.ivami.com/es/microbiologia-de-alimentos/5444-bacterias-productoras-de-h2s-reductoras-de-sulfato-reductoras-de-sulfito-reductoras-de-azufre-y-otras-moleculas-con-azufre-cultivo-cualitativo-y-cuantitativo-e-identificacion-molecular>.

³⁰ «Bacterias nitrificantes (bacterias oxidantes de amonio –AOB-, y bacterias oxidantes de nitritos –NOB-): Cuantificación por PCR en tiempo real. - IVAMI», <https://www.ivami.com/es/microbiologia-de-abonos-y-fertilizantes/2316-bacterias-nitrificantes-bacterias-oxidantes-de-amonio-aob-y-bacterias-oxidantes-de-nitritos-nob-cuantificacion-por-pcr-en-tiempo-real>.

dependencia de la composición de ambos, es posible la producción de ácidos corrosivos como el ácido nítrico o sulfúrico³¹.

5.2. ALTERACIONES

La presencia de actividad biológica sobre cualquier sustrato modifica la superficie de contacto del material en todos los casos. Esta alteración puede resultar evidente o pasar desapercibida ante ojos inexpertos, ya que la manifestación de un cambio estético no es siempre la mejor premisa para determinar el suceso y efecto del ataque. Con esto, se diferencian dos tipos de cambios sobre los materiales, divididos en alteraciones físicas de sus propiedades, y alteraciones bioquímicas.

5.2.1. Alteraciones físicas y/o mecánicas

Las alteraciones físicas se evidencian sobre el soporte porque distorsionan la propia apariencia del material. Muchas veces estos daños no implican la nutrición de organismos para su aparición, siendo resultado del crecimiento, impacto o movimiento de los seres vivos lo que produce patologías como grietas, pérdida de cohesión, fisuras deformaciones por impacto...³² así como desprendimientos y erosión mecánicas derivados de la acción nutritiva de algún otro elemento constituyente o por la generación de daños importantes al sustrato, siendo la acción de insectos sobre madera y superficies celulósicas un buen ejemplo. Por otra parte, también se pueden producir alteraciones relativas al manchado y la estética del objeto, que en principio no descomponen el sustrato, incluyéndose en esta tipología la deposición de excrementos o restos metabólicos, así como la decoloración producida por hongos cromógenos. La formación de "biofilms" es también una alteración estética, cuya composición deriva de la actividad metabólica microbiana, y motiva la aparición de otros agentes biodeteriorantes. Es importante destacar que el cambio y alteración químicos se deducen a partir de estos cambios visuales, por el contacto celular directo de los microorganismos con la materia, además sobre materia orgánica la alteración estética como consecuencia de reacciones químicas es casi equivalente, mientras que sobre soportes inorgánicos existe la posibilidad de la alteración estética exclusiva³³.

5.2.2. Alteraciones bioquímicas

En este caso, una alteración bioquímica, provoca el cambio material por las interacciones químicas entre el organismo y el sustrato, causando una desintegración de la composición química inicial del objeto. Entre la tipología

³¹ Partículas de hierro, cobre, manganeso o cobalto catalizan la formación de trióxido de azufre; las sales absorben agua y alteran sustratos pétreos y metálicos mediante oxidación; el cloro es afectado por cloruros.

³² Dennis Allsopp, Kenneth J. Seal, y Christine C. Gaylarde, *Introducción al biodeterioro* (Zaragoza: Acribia, 2008), pp. 2-3.

³³ Valgañón, *Op. cit.*, p. 119.

se destaca el biodeterioro químico asimilatorio y desasimilatorio; en el primero el sustrato sirve como fuente nutritiva, y en el segundo la alteración es provocada por el deshecho metabólico o secreciones específicas³⁴.

A partir del metabolismo celular, los agentes biodeteriogenos liberan ácidos (como el úrico, carbónico, acético, láctico o butírico) y sustancias básicas, que además de cambiar el valor del pH, pueden causar desde la descomposición material y el manchado hasta la corrosión de metales y la aparición de eflorescencias, así como la disolución de sustancias superficiales. La liberación de pigmentos es común entre especies fúngicas y bacterianas, resultando en costras y pátinas biológicas que alteran el medio (el *foxing* sobre papel sirve de ejemplo también). La posibilidad de intercambio iónico y el valor de pH del medio también contribuyen a un manchado más o menos intenso y un deterioro en sí mismo.

Por último, cabe destacar la elemental función enzimática, tanto para la sobrevivencia de microorganismos heterótrofos como para la degradación de su acción. Las enzimas son elementos protéicos generados por las células en su interior (denominándose endoenzimas) y liberados también en su exterior (exoenzimas) y sobre la materia nutritiva, encargados de la descomposición de macromoléculas protéicas o azucaradas en complejos más simples como aminoácidos o monosacáridos, para su solubilización en agua y posterior digestión. Compuestos como la celulosa, lignina, queratina, colágeno, almidón, o incluso manganeso, hierro o tintas pueden ser descompuestos por enzimas si las condiciones de temperatura, humedad y pH son las idóneas³⁵.

5.3. TIPOLOGÍA BIOLÓGICA INCIDENTE: CLASIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN

Es preciso exponer la organización biológica básica para la comprensión del comportamiento de los seres vivos estudiados y para su clasificación posterior. Todo ser vivo se compone por una unidad o unidades celulares que definen las necesidades básicas de nutrición, relación y reproducción. La presencia o ausencia de un núcleo celular define la diferenciación entre células eucariotas y procariotas, siendo las primeras componentes de organismos animales, vegetales y hongos, y las segundas componentes de las bacterias y cianobacterias. El metabolismo celular es el conjunto de procesos cíclicos en los que la célula libera y obtiene energía para su subsistencia, pudiendo a partir de este proceso clasificar los organismos según su nutrición, que consta en la asimilación de compuestos carbonados. Los organismos autótrofos emplean el CO₂ pudiendo transformar este gas y otros compuestos inorgánicos en orgánicos por sí mismos y autosatisfacer su nutrición. Cuando un organismo autótrofo utiliza la luz como fuente de energía para su nutrición se denomina fotoautótrofo, y cuando utiliza

³⁴ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 5.

³⁵ «Enzimas. Aspectos generales.», <http://www.ehu.eus/biomoleculas/enzimas/enz1.htm#a>.

reacciones de óxido-reducción, se denomina quimioautótrofo. En cuanto a los organismos heterótrofos, precisan de un medio rico en sustancias orgánicas para nutrirse, ya que no pueden sintetizar las inorgánicas, y al igual que en el caso anterior, cuando la fuente de energía es lumínica, se habla de un organismo fotoheterótrofo; y al emplear reacciones de óxido-reducción, quimioheterótrofo³⁶. El diagrama 1 muestra una organización biológica adaptada a los conceptos explicados, relaciones entre los seres vivos y su clasificación en el contexto de la restauración y conservación.

Diagrama 1. Seres vivos relativos al biodeterioro sobre objetos artísticos y su disposición en la clasificación biológica general.

Célula	Reino	Tipología afectante	
Eucariota	Animal <i>Animalia</i> (quimioheterótrofas)	Vertebrados	
		No vertebrados	
		Artrópodos	
	Vegetal	<i>Plantae</i> (fotoautótrofas)	- Musgos y hepáticas (Briofitas) - Plantas vasculares (Cormofitas)
		<i>Protista</i> (fotoautótrofas)	Algas
		<i>Fungi</i> (quimioheterótrofas)	Hongos
		Seres simbiotes Líquenes (fotoautótrofas)	
Procariota	Moneras (unicelulares)	- Bacterias (fotoautótrofas; quimioheterótrofas; algunas como las hidrógenobacterias, bacterias del azufre, ferrobacterias o bacterias desnitrificantes son quimioautótrofas; las bacterias rojas no sulfurosas son fotoheterótrofas) - Cianobacterias (fotoautótrofas)	

El grupo bacteriano del reino Monera se compone de **bacterias** y cianobacterias; el primer grupo presenta un amplio rango de organismos cuyas características difieren considerablemente entre cada una de sus divisiones, por lo que se las puede ordenar según criterios variados (diagrama 2). Las bacterias más comunes sobre obra artística son las autótrofas, sus enzimas degradan materiales orgánicos e inorgánicos, pudiendo colonizar gran variedad de medios. Se reproducen por bipartición, pudiendo algunas formar esporas para resistir condiciones desfavorables. En cuanto a la tinción de Gram³⁷, se establecen dos grupos: las positivas se tiñen de azul violáceo oscuro dada su pared celular compuesta de peptidoglucano

³⁶ Joan Miquel González, «Diversidad microbiana y biodeterioro en la conservación del patrimonio», en *La ciencia y el arte: ciencias experimentales y conservación del Patrimonio Histórico*, Vol. 1, 2008, p. 184.

³⁷ Tres fases de tinción: 1ª con Lugol, 2ª con una mezcla 50:50 de acetona y etanol, y por último con safranina.

o mureína, que rodea la membrana citoplasmática lipídica; las negativas se tiñen de un color rosáceo, presentando dos paredes lipídicas con una pared celular de mureína mucho más fina, por lo que no retienen el tinte³⁸. Las bacterias pueden llegar a producir daños como manchas, pátinas biológicas, disgregación, pérdida de resistencia porque las sustancias que segregan aumentan la permeabilidad del soporte³⁹.

Diagrama 2. Posibles criterios de clasificación bacteriana.

Posible organización bacteriana según:	Forma	Cocos (forma esférica)	
		Bacilo (forma de bastoncillo)	
		Vibrio (forma de filamento curvado)	
		Espirilos/Espiroquetas (forma helicoidal)	
	Temperatura	Termófilas (desarrollo a partir de 45°C)	
		Mesófilas (desarrollo entre 15°C y 40°C)	
		Psicrófilas (desarrollo entre 10°C y 20°C)	
		Hipertermófilas (desarrollo a partir de 100°C)	
	Nutrición	Autótrofas	Fotótrofas, Quimiótrofas, Litótrofas
		Heterótrofas	Fotótrofas, Quimiótrofas, Organótrofas, Quimiorganótrofas
	Tinción	Gram positivas	
		Gram negativas	

Las **algas** y **cianobacterias** aparecen bajo condiciones parecidas, afectando madera y sobre todo material pétreo en ambientes húmedos, dejando costras negras, biofilms/pátinas, creando microcavidades o disolviendo carbonatos, además de componer el primer escalón de la cadena biológica atacante. Las cianobacterias se diferencian de las bacterias por la presencia de *clorofila a* en su composición⁴⁰, en cuanto a las algas, el grupo más común son las diatomeas, pertenecientes al grupo de coloración parda y son el principal componente del plancton⁴¹.

Los **hongos** están formados por hifas que, a su vez, forman el micelio, constituyente principal del hongo. La reproducción puede ser sexual, mediante dispersión de esporas o asexual por la formación de conidios en las hifas. Dentro de la retórica de la conservación y restauración, los hongos se clasifican en Zigomicetos, Ascomicetos y Basidiomicetos, aunque su organización taxonómica sigue sin ser definitiva⁴².

³⁸ J. M. Ghuyssen y R. Hakenbeck, *Bacterial Cell Wall* (Amsterdam; New York: Elsevier, 1994)

³⁹ Valgañón, *Op. cit.*, p. 156.

⁴⁰ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 217.

⁴¹ M. C. Lora-Vilchis, F. O. López Fuerte, y C. A. Pérez Rojas, «Algas de Cristal; diatomeas», *Recursos naturales y sociedad*, vol. 6 (1), (1 de julio de 2020), <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2020.06.06.01.0003>.

⁴² «Los hongos verdaderos», <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/fungi.htm>.

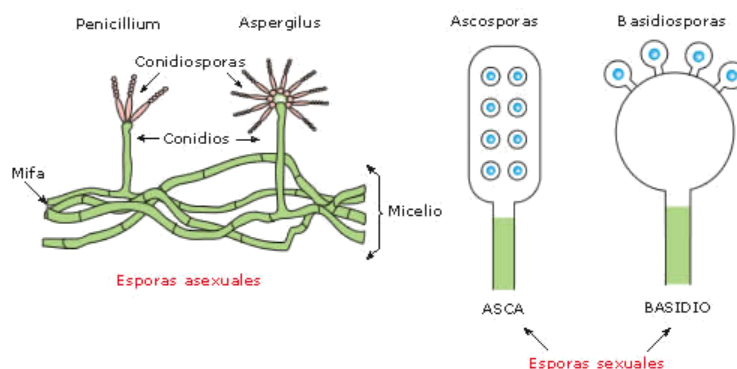


Figura 9. Variación tipológica fúngica.

El primer grupo se caracteriza por presentar un micelio no tabicado y esporas flageladas, componiendo los mohos y siendo el grupo más común sobre obras de arte⁴³. Los ascomicetos se componen de un micelio septado y “ascos” contenedores de ascosporas, como las levaduras⁴⁴. Los basidiomicetos se caracterizan por su micelio tabicado y la presencia de basidiosporas en el interior de un basidio⁴⁵ (figura 9). Para el crecimiento fúngico es precisa una humedad de entre 18 a 140%, (65 a 70% idealmente) pudiendo el micelio resistir en caso de desecación, así como una temperatura de entre 2°C y 40°C, prefiriendo el rango 20-30°C. La poca incidencia lumínica y el pH entre valores de 2-9 es muy favorable, así como la poca circulación de aire. Son capaces de atacar material orgánico como papel o pergamino y materia inorgánica como vidrio, metal y en especial piedra.



Figura 10. Izq.: Asentamiento liquénico sobre superficie pétrea artificial. Vista de detalle, derecha.

Los **líquenes** (figura 10) se constituyen por la simbiosis entre un hongo (*Eumycetes*) y un alga microscópica perteneciente al grupo *Cyanophyceae* o de la *Chlorophiae*⁴⁶. Su morfología se compone de las hifas fúngicas, que protegen de la desecación y altas temperaturas alrededor de las células del alga, que asegura la supervivencia sin material orgánico para la nutrición. Aparecen sobre piedra (natural y sintética), vidrio y madera en ambientes húmedos y son muy sensibles a la contaminación, utilizándose como bioindicadores de la misma⁴⁷.

Dentro del reino *Plantae* se identifican las briofitas, conocidas como **musgos y hepáticas**, que se diferencian por sus estructuras de fijación, unicelulares en las hepáticas y pluricelulares en musgos. La reproducción se realiza por esporas y gametos sucesivamente. Las briófitas, como otros seres de fijación, pueden pausar su desarrollo y volver a retomarlo si las condiciones no son favorables, y su efecto es visible sobre piedra y madera

⁴³ «Zigomicetos: generalidades», <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/zigos.htm>.

⁴⁴ «Ascomycota», <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/ascos.htm>.

⁴⁵ «Basidiomycota», <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/basidis.htm>.

⁴⁶ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 228.

⁴⁷ David L. Hawksworth, Teresa Iturriaga, y Ana Crespo, «Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos», *Revista Iberoamericana de Micología* 22, n.º 2 (junio de 2005), [https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(05\)70013-9](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(05)70013-9).

húmedas, y constituyen el último eslabón colonizador vegetal, al aportar tras su muerte sus restos orgánicos⁴⁸.

Las **plantas vasculares o superiores** se consideran cormofitas, por su estructura organizada en tejidos y órganos. Se diferencia en Pteridofitas (reproducción por esporas) y Espermafitas, (reproducción por semillas) que a su vez se diferencian en Gimnospermas (coníferas, flores poco desarrolladas) y Angiospermas (frondosas, árboles frutales). Cabe destacar que las plantas también se pueden reproducir por fragmentación, y sus daños afectan a materiales pétreos de exterior o madera con alteración físicas y químicas, así como cambios en la coloración superficial⁴⁹.

Los **insectos** son animales pertenecientes al subgrupo invertebrados y al filo de los artrópodos, por lo que presentan un exoesqueleto que mudan con el tiempo, así como extremidades articuladas, pudiendo tener o no alas, además de presentar tres pares de patas y reproducción sexual, siendo ovíparos. Cabe destacar que los insectos no son capaces de regular su temperatura, observándose su tolerancia a temperaturas que varían entre 10°C y 25°C. En cuanto al biodeterioro de piezas artísticas, la prominencia de la acción xilófaga sobre piezas de madera es la más preocupante, pudiendo estos animales alimentarse de la madera, así como habitar en ella (como los insectos moradores), pero estos animales pueden atacar también papel, tejidos, pergamino, almidones, colas, etc. y aprovechar el ataque fúngico y bacteriano de ciertos materiales para alimentarse además de estos organismos. La ilustración 1, indica la tipología de insectos más común sobre material artístico.

Los moluscos, equinodermos y crustáceos son animales invertebrados, siendo los dos primeros no artrópodos y el tercero artrópodo, junto con los insectos y arácnidos.

Los **moluscos** presentan un cuerpo blando y en ocasiones una concha de carbonato cálcico recubriente. Su reproducción es sexual y algunas especies son hermafroditas, dividiéndose en cefalópodos, gasterópodos y bivalvos, cuya acción es la más importante en cuanto a biodeterioro sobre piezas patrimoniales sumergidas, perforando piedra y madera y creando galerías. El género *Teredo* crea túneles dentro de la madera recubriendo el interior con una capa caliza blanquecina como una especie de forro, y los géneros *Martesia* y *Pholas* también generan túneles más cortos.

Los **equinodermos** presentan su cuerpo envuelto en una estructura caliza, y se destaca el género *Echinus* (erizos de mar), que degrada materia artística por contacto. En cuanto a los **crustáceos** (cangrejos, langostas, percebes...), su efecto sobre material de valor cultural es patrocinado mayoritariamente por el género *Limnoria*, *Spaeroma* y *Chelura*, que atacan la madera

⁴⁸ Valgañón, *Op. cit.*, p. 168.

⁴⁹ Editorial, «Clasificación de las plantas», Botanical-online, 19 de enero de 2019, <https://www.botanical-online.com/botanica/clasificacion-botanica-plantas>.

sumergida creando galerías muy cortas, que generan tabiques, fácilmente disgregables por la corriente marina.⁵⁰



Respecto al daño producido por animales vertebrados, se pueden destacar tres causas principales de su aparición: la búsqueda de alimento; utilización de la estructura artística como refugio o para poner huevos; y deposición de deyecciones u otra secreción, que altera química y mecánicamente el material (las deyecciones aviares se consideran un agente importante de deterioro por su contenido ácido, logrando corroer gran diversidad de materiales). Los **mamíferos** pueden aprovechar el cuero, papel o tela como alimento, destacando aquí los roedores, murciélagos, conejos o topos. Estos dos grupos animales también pueden dañar mecánicamente estructuras artísticas con sus movimientos de forma grave⁵¹.

Ilustración 1. Principales insectos atacantes sobre obras artísticas.

⁵⁰ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 17.

⁵¹ Valgañón, *Op. cit.*, p. 200.

6. BIODETERIORO DE MATERIALES EMPLEADOS EN OBRAS DE ARTE CONTEMPORÁNEAS

En general, y en el ambiente creativo artístico contemporáneo, la elección matérica no responde a limitaciones tipológicas: cualquier material puede ser objeto de exposición y proceso conceptual. El conservador de arte contemporáneo debe estar familiarizado con un extenso rango de materia a partir de la experiencia y observación de una multitud de obras y componentes maticos individuales en general, así como con su comportamiento y respuesta física. La evaluación correcta de esta elección artística en combinación con el comportamiento material es esencial para establecer un plan de actuación para la conservación preventiva.

Según Anna María Guasch, el arte de las jóvenes vanguardias se clasifica según dos paradigmas: el primero, donde la propia ejecución aporta la ruptura formal, que define el efecto “shock” de la obra única; y el segundo, que afilia la multiplicidad del objeto artístico, rompiendo la continuidad de su soporte y el espacio, y redefine la consideración canónica tradicional de la forma artística⁵². Estos dos paradigmas marcan el desarrollo del siglo XIX, en el que se observa la tendencia a la fusión de la pintura con una multitud de materiales, buscando efectos superficiales y de expresión textural.

Algunos ejemplos exponen la confección de fondos demasiado grasos, telas sin preparación o mezclas de arena y yeso sobre superficies. El papel pegado deviene un elemento integrante de la propia obra,⁵³ dando paso al *collage*, ejemplificado en los “assemblages” de Picasso (figura 11) y en obras de Braque (figura 12), donde se mezclan cartón, madera, telas, clavos... Con esta técnica, además del *frottage* y *grattage*, es posible conseguir acabados específicos, que se traducen en un uso técnico no siempre adecuado, con pigmentos mal aglutinados; lienzos en mal estado; adición de barniz con la capa subyacente sin polimerizar⁵⁴; incrustaciones metálicas (oxidadas o no), de materia orgánica o elementos volumétricos de diversa naturaleza (figura 13).

La inclusión de plástico o telas sintéticas, esmaltes, témperas o adhesivos diversos se convierte en parte de la obra y elemento artístico en sí⁵⁵.

A partir de la comprensión de las tendencias artísticas históricas y con el “manifiesto” material contemporáneo definido, se expone a continuación, la incidencia biológica posible sobre materiales utilizados sobre piezas artísticas a modo introductorio del análisis posterior, que trata el estudio de materiales específicos.

⁵² Anna María Guasch, *Arte y archivo, 1920-2010: genealogías, tipologías y discontinuidades* (Ediciones Akal, 2013), pp. 9-10 <https://elibro.net/es/lc/upv/titulos/49665>.

⁵³ Joan Sureda Pons y Anna María Guasch, *La trama de lo moderno*, Akal arte y estética 14 (Madrid: Akal, 1987), p. 63.

⁵⁴ Llamas Pacheco, *Arte contemporáneo y restauración*, p. 113.

⁵⁵ *Ibid.*, p. 22.



Figura 11. “Botella e instrumentos musicales” de Georges Braque en 1918.



Figura 12. “Chocolate” de Enriqueta Hueso, década 1980.



Figura 13. Izq.: “Violín”, 1913 y dcha.: “Naturaleza muerta con silla de rejilla”, 1912 de Pablo Picasso. Las composiciones tridimensionales y la mezcla matérica son técnicas típicas en el repertorio del artista.

6.1. VISIÓN GENERAL

En primer lugar, cabe mencionar la susceptibilidad de los **materiales orgánicos** utilizados en el arte a su ataque por parte de agentes biológicos. Estos materiales se pueden establecer ordenados según su procedencia: vegetal, animal o sintética, todos ellos con una composición química hidrocarbonada

- Los **materiales de origen vegetal** son extraídos a partir de recursos celulósicos como el tronco de los árboles y el tallo de diversas plantas, llegando este polisacárido a ser componente constituyente de madera, papel, cartón o textiles variados, junto con la lignina y hemicelulosa, todos en menor o mayor medida. Estos tres compuestos básicos se verán amenazados por la acción enzimática para descomponer o hidrolizar las macromoléculas componentes y así poder ser metabolizadas por organismos como bacterias y hongos, siendo madera, papel o textil susceptible al ataque de estos organismos, así como de la actuación de insectos sobre su estructura o superficie. Además de la celulosa, los materiales de origen vegetal pueden incluir en su composición azúcares simples, proteínas, almidón, taninos, gomas... que son fácilmente descompuestos por un número mayor de enzimas segregadas por más organismos⁵⁶. Sobre papel y textiles, se encuentran manchas y cambios de color, por el efecto de bacterias como la *Cytophaga* o géneros fúngicos como *Alternaria*, *Aspergillus*, *Neurospora* o *Trichothecium*; así como pérdidas materiales por el ataque de insectos coleópteros o pertenecientes a la familia *Lepismatidae* en el papel. En cuanto a la madera, los hongos responsables de la pudrición lígnea, que degenera y disgrega la estructura de la madera, pertenecen a los ascomicetos, basidomicetos y deuteromicetos; entre los cuales los géneros *Chaetomium*, *Xylaria* o *Alternaria* y especies como *Coniophora puteana*, *Coriolus versicolor* o *Serpula lacrymans*⁵⁷. Los insectos que atacan y dañan la madera pertenecen a las órdenes Coleóptero, Isóptero e Himenóptero, y las familias más peligrosas para la integridad de la madera son *Anobiidae*, *Cerambycidae* y *Termitidae*, generando galerías en el interior y destruyendo así la estructura interna compositiva, además de ser visualmente aparentes los orificios resultantes de la actividad xilófaga⁵⁸.

⁵⁶ Giulia. Caneva, M.P. Nugari, y Ornella. Salvadori, *La biología en la restauración*, p. 73.

⁵⁷ *Íbid.*, p.81.

⁵⁸ *Íbid.*, p. 83.

- Los **materiales de origen animal**, también se encuentran presentes como componentes de piezas artísticas, tejidos como la seda, lana, el cuero o el pergamino son buenos ejemplos. Su susceptibilidad al biodeterioro reside en el proceso de confección de la materia, que determinará su composición y comportamiento con el medio. El pergamino, formado por colágeno y proteínas como la queratina, elastina, albúmina y globulinas, no corre un peligro alarmante, ya que las enzimas capaces de hidrolizar el colágeno no son especialmente comunes, siendo producidas sólo por algunas bacterias anaeróbicas del género *Clostridium*⁵⁹, sin embargo si en el proceso de manufactura se llevan a cabo procedimientos como la disgregación de la piel, el colágeno se despolimeriza, pudiendo ser metabolizado por un gran número de enzimas proteolíticas que son segregadas por un gran número de bacterias en condiciones anaeróbicas. Así un pergamino ya deteriorado es susceptible al ataque de bacterias como *Bacillus*, *Pseudomonas* o *Sarcina*, y uno antiguo por los hongos del género *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* o *Cladosporium*⁶⁰. El cuero, por otra parte, comparte rasgos compositivos y la diversidad de especies atacantes con el pergamino en gran medida; cuando no es curtido, es altamente susceptible al ataque por bacterias o insectos, como escarabajos derméstidos de la piel y despensa⁶¹, ofreciendo el curtido vegetal menos fragilidad⁶², aunque más sensibilidad al biodeterioro (debido a su contenido en azúcar), que una piel curtida con cromo. Es importante destacar el ocasional ataque de insectos que normalmente se alimentan de celulosa y que se pueden encontrar en el pergamino y piel. En cuanto a la seda y lana, los microorganismos e insectos atacarán estos tejidos si entre su trama existe un alto grado de impurezas, como la sericina en la seda y sustancias grasas en la lana. Los microorganismos degradantes más frecuentes corresponden a bacterias de los géneros *Bacillus* o *Proteus* y especie *Pseudomonas aeruginosa* y actinomicetos como *Streptomyces*, en especial, *Streptomyces fradiae*, siendo posible también el ataque por bacterias queratinófilas, cuyas enzimas son capaces de hidrolizar la queratina. En cuanto a insectos, que en los tejidos producen daños muy graves como orificios y erosiones, las familias *Dermestidae*, *Oecophoridae* o *Tineidae* son las más frecuentes, pudiendo la seda ser atacada por los *Lepismatidae* si es impregnada en almidón o dextrinas⁶³.
- Para finalizar, los **materiales sintéticos poliméricos**, a pesar de su origen químicamente modificado, presentan una naturaleza orgánica

⁵⁹ *Ibid.*, p. 100.

⁶⁰ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 101.

⁶¹ Familias *Dermestidae* y *Tineidae*, atacantes del colágeno y queratina

⁶² Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 29-30.

⁶³ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 105.

por su composición molecular. Este grupo polimérico comprende grandes grupos y subgrupos de materiales activa y generalmente utilizados sobre piezas artísticas. Plásticos; adhesivos; resinas; colas, celulosas y proteínas modificadas... todas corresponden a este grupo. La introducción de grupos carbonilos, ésteres, amidas, alcoholes, uretanos, etc. da paso a la posibilidad de reacciones enzimáticas, siendo estas sustancias y materiales atacados por microorganismos autótrofos y heterótrofos⁶⁴, como bacterias, algas y hongos pudiendo destacar los géneros bacterianos *Pseudomonas* y *Nocardia* y los géneros fúngicos *Aspergillus*, *Alternaria* o *Penicillium*⁶⁵. Concluyendo así, que estos agentes deteriorantes no precisan de nuevos sistemas de simplificación enzimática para degradar nuevos materiales sintéticos⁶⁶.

Por otro lado, la **materia inorgánica** también se presenta potencialmente como objeto de biodeterioro, siendo atacada mayoritariamente por organismos autótrofos. Entre ellos, el más importante en cuanto a tradición artística es la piedra, empleada como base para esculturas talladas o producto sintético de relleno de moldes, como estucos, morteros, revoques o frescos. La actividad microbiana actúa sobre la piedra colonizándola pasivamente, resultando en patologías de origen químico como costras negras, pulverización o exfoliación⁶⁷; bacterias, algas y cianobacterias segregan sustancias ácidas que disuelven la composición de la propia piedra, provocando su pérdida material mediante la formación de microcavidades y pátinas biológicas, además de ser las primeras pobladoras rocosas—especialmente sobre calcáreas—dejando los restos orgánicos necesarios para el desarrollo de microorganismos heterótrofos al morir⁶⁸. Las bacterias heterótrofas, como las del género *Bacillus*, producen sobre la superficie sustancias quelantes, ácidos orgánicos e inorgánicos y álcalis, alterando la composición de la piedra. Junto con los agentes biodeteriorantes mencionados, los hongos también producen pátinas por la oxidación de cationes translocados, debido a su secreción de ácidos orgánicos como el cítrico, oxálico⁶⁹, glucónico o láctico entre otros⁷⁰; así como decoloración y disgregación por penetración y crecimiento en el interior, por parte de líquenes también, siendo las especies más comunes *Acarospora umbilicata*, *Caloplaca aurantia*, *Candelariella aurella* o *Verrucaria nigrescens* entre otras. La piedra sintética es a su vez susceptible a cambios en su nivel de pH, acidificándose y solubilizando su sustrato.

⁶⁴ Valgañón, *Op. cit.*, p. 139.

⁶⁵ Michalina Falkiewicz-Dulik, Katarzyna Janda, y George Wypych, *Handbook of Material Biodegradation, Biodeterioration, and Biostabilization*, 2nd ed. (Scarborough: ChemTec Publishing, 2015), p.312.

⁶⁶ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 60.

⁶⁷ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 117.

⁶⁸ Valgañón, *Op. cit.*, p. 145.

⁶⁹ **Producidos en grandes cantidades por especies como *Aspergillus niger*, *Penicillium* y *Spicaria***

⁷⁰ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 123.

El crecimiento de las raíces de plantas inferiores y superiores también supone un factor de riesgo por la presión ejercida sobre la pieza artística, así como posibles restos coloreados de las plantas por su contacto y crecimiento sobre la superficie, y la producción de ácido carbónico debido a la respiración vegetal. En cuanto a animales, se destaca como más dañina la acción de los excrementos aviares dada su acidez, capaz de corroer el material pétreo, así como el efecto de insectos, arácnidos y moluscos como caracoles, que pueden generar orificios sobre la superficie⁷¹.



Figura 14. Asentamiento fúngico sobre un objetivo fotográfico de vidrio.

También como materiales artísticos de naturaleza inorgánica, se destaca el **metal y vidrio**, empleados como base/sopORTE o como añadidos. Sobre el vidrio, y en climas húmedos, se destaca la acción de bacterias, hongos, algas y líquenes, que dejan pequeñas incisiones circulares de forma concéntrica hacia el exterior sobre la superficie. Los ácidos orgánicos que producen estos organismos pueden eliminar los iones de sodio de vidrio resultando en un ataque químico y en la quelación de estos ácidos⁷² (figura 14). Las cianobacterias forman características oscuras películas biológicas y los líquenes, que degradan el vidrio de forma muy reconocible, sobre todo en vidrieras—por la presencia de óxidos metálicos como clorantes—iridiscifican y opacan el vidrio, dejándolo además lleno de orificios o “picaduras”⁷³, siendo las especies atacantes más comunes la *Diploicia canescens*, *Pertusaria leucosora* y la *Lepraria flava*. En cuanto al metal, su biodeterioro tiene que ver con la corrosión del propio metal y la presencia de “biofilms” sobre esta superficie metálica⁷⁴, generados por la actividad bacteriana de grupos como *Spaerotilus* o *Leptothrix*⁷⁵, cuya actividad celular afecta directamente al metal, por la secreción de sustancias ácidas, que crean pequeños agujeros y eliminan capas protectoras por medio de la producción de CO₂ y O₂, que promueven la biocorrosión⁷⁶.

Dentro de esta organización inorgánica, también se deben mencionar pigmentos de origen mineral o metálico aglutinados en una sustancia orgánica cuando se encuentran en forma de pintura, así como soportes magnéticos destinados a la reproducción de medios, cuyas estructuras también son susceptibles al ataque biológico, dada la naturaleza de sus materiales: óxido férrico adherido a una cinta de poliéster con una pasta de poliuretano, incluyendo también plastificantes, lubricantes y dispersantes. El mínimo crecimiento de microorganismos sobre las cintas ya imposibilita su lectura, pudiéndose producir crecimiento fúngico sobre CDs, y siendo *Aspergillus*, *Penicillium* y *Paecilomyces* especies detectadas sobre disquetes⁷⁷.

⁷¹ Valgañón, *Op. cit.*, p. 147.

⁷² Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 75.

⁷³ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 136.

⁷⁴ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 85.

⁷⁵ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 140.

⁷⁶ Valgañón, *Op. cit.*, p. 151.

⁷⁷ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 98.

6.2. CRITERIOS DE ELECCIÓN

La confección de una lista de materiales artísticos detallada se presenta imposible por la entropía generada alrededor del proceso creativo durante este último siglo. El “polimaterialismo” o la búsqueda de una “materialidad múltiple”⁷⁸ surge de la creencia en la disposición propia de cada material de un lenguaje evocativo. En época de postguerra europea; e influenciada por la pintura expresionista producida en EE. UU.⁷⁹, nace una tendencia informalista que busca la espontaneidad, primitivismo⁸⁰ y naturalidad mediante una pintura mixta, de elementos orgánicos, encontrados, simbólicos... para agruparlos en una estancia visual común y así cuestionar la bidimensionalidad de los cuadros⁸¹, surgiendo así en Francia y España una prominente corriente informalista y en Italia el *Arte povera* (figura 15).

Actualmente, como soporte base, destaca el uso del textil y madera⁸², especialmente tableros derivados⁸³. Los tejidos varían desde su origen natural (telas de lino, cáñamo, algodón, yute) hasta su composición orgánico-sintética (fibra artificial celulósica; fibras de nailon, poliéster, vidrio; fibras acrílicas)

El uso de madera como soporte base casi supera el del tejido⁸⁴, diversificándose en forma de tableros derivados, aglomerados, contrachapado y tablero de fibras.

El papel y cartón también son soportes mayoritariamente considerados para la función sustentante⁸⁵ compartiendo su naturaleza celulósica con la madera y tejidos naturales (figuras 16 y 19).

Cabe destacar el uso de preparaciones industriales de tipología *gesso*, resinas sintéticas (látex acrílico y/o vinílico), PVA y barnices sintéticos, muy populares entre artistas contemporáneos (figuras 17 y 18).

La mezcla material no responde a reglas o expectativas de creación, pero la presencia de



Figura 15. Superior: “Ocre i negre amb tela encolada” de Antoni Tàpies en 1972 e inferior: obra multimatérica con elementos celulósicos, inorgánicos, vinílicos y óleo sin título de Alberto Burri en 1995. Ambos autores son referentes de su movimiento. Por lo que, en cuanto a las obras que contestan a dicha multi-materialidad, se seleccionan como criterio principal, materiales con una mayor posibilidad de ser elegidos para su empleo, o que han sido observados sobre obras parte de tendencias técnicas derivados de un uso convencional.



Figura 16. Eric Dyer, “Untitled (Iteration 4)”, 2012. Construcción tridimensional a través de cartón y pinturas y adhesivos sintéticos.

⁷⁸ María del Carmen Bellido Márquez, «Evolución material, técnica y conceptual en las obras de Arte Contemporáneo», *Opción* 31, n.º 6 (2015), p. 126, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31045571007>.

⁷⁹ **Máximos exponentes: Robert Motherwell y Clyfford Still**

⁸⁰ Bellido Márquez, «Evolución material, técnica y conceptual en las obras de Arte Contemporáneo», p. 120.

⁸¹ «Alberto Burri: La abstracción y la genialidad – Trianarts», <https://trianarts.com/alberto-burri-la-abstraccion-y-la-genialidad/>.

⁸² Moreira Teixeira y Joana Cristina, «La creación contemporánea además de la materialidad. Los artistas y los límites en la conservación y restauración de arte contemporáneo», *Riunet* (Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, 2009), pp. 321-41, <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/6301>.

⁸³ Rosario Llamas Pacheco, «Estudio técnico y estadístico sobre los soportes derivados de la madera utilizados en el arte contemporáneo», 1 de febrero de 2011, p. 4.

⁸⁴ *Íbid.* pp. 4-5.

⁸⁵ Llamas Pacheco, *Arte contemporáneo y restauración*, pp. 139-41.

metales y plásticos es muy común⁸⁶.

En cuanto a la capa de color, las pinturas elegidas responden a la tipología del óleo, acrílico, nitrocelulósico; y con aglutinantes en forma de resina alquídica o acetato de polivinilo⁸⁷.

Por último, se debe mencionar el uso de materia orgánica prececedera en las obras.



Figura 18. Collage pintado sobre papel de Hayashi Takahiko de 2006. Gesso visible y construcción de materiales sobre una base frágil como es el papel.



Figura 17. Izq.: "Flower vase", 2020 y dcha.: "Ode to pregnancy", 2014 de Sarah Meyers Brent. Buen ejemplo del uso material actual para la creación de efectos específicos. Uso de pintura acrílica, tela y panel lúneo.

Para la siguiente exposición de materiales se han elegido dos grandes grupos compositivos, que contienen todos los materiales mencionados, histórica y actualmente empleados: material de naturaleza celulósica y de organización polimérica. Estas dos grandes agrupaciones generales conforman la vasta mayoría de elementos utilizados en el arte contemporáneo, sirviendo múltiples funciones, proporcionando así una visión general material útil para la evaluación de su degeneración biológica y poder establecer así su prioridad dentro de la consideración preventiva y generar una propuesta de cuidados y tratamientos ajustada.

6.3. MATERIAL CELULÓSICO

La celulosa es el polisacárido lineal elemental componente de las paredes celulares vegetales, siendo esencial en la estructuración de plantas (junto a la lignina en plantas superiores) así como de hongos y algas⁸⁸. La madera de coníferas presenta entre un 58-60%; el cáñamo un 77%; lino 80% y algodón un 95%⁸⁹.

La composición azucarada de la macromolécula, su variada tipología productiva y rápido ciclo de reciclaje confieren a la celulosa un rápido biodeterioro como propiedad⁹⁰, además la estructura amorfa que adquiere su disposición química en la mayoría de los soportes artísticos también contribuyen a la hidrólisis del compuesto. La metabolización de la celulosa, y por tanto, su degradación biológica, se produce por medio de enzimas, que simplifican el azúcar compuesto en glucosa, monómero fácilmente digerido por microorganismos. Cabe destacar que el sistema enzimático "complejo celulasa", intermedia esta degradación, descomponiendo la endoglucanasa Cx

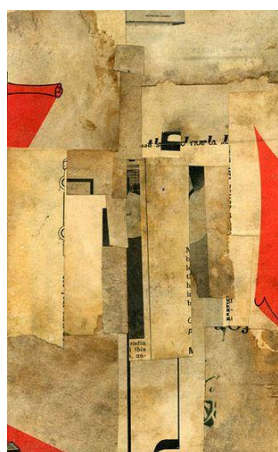


Figura 19. "Rapture 04-4" de Peter von zur Muehlen en 2005. El uso de papeles antiguos y ya degradados es una tendencia común en collages actuales. La búsqueda de esta estética supone un desafío para el conservador.

⁸⁶ *Ibid.* pp. 141-143.

⁸⁷ *Ibid.*, p. 152.

⁸⁸ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 11.

⁸⁹ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 71.

⁹⁰ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, pp. 12-13.

la celulosa amorfa; y la actividad de la exoglucanasa C₁, la celulosa nativa o cristalina. El principal problema que presenta la actividad enzimática es la producción extracelular, cuyas enzimas no dependen de células vivas una vez son segregadas y pueden seguir simplificando el polisacárido incluso después de la muerte celular o la aplicación de un biocida⁹¹.

6.3.1. Tableros derivados de la madera

El soporte lúneo de origen industrial y fabricación sintética destaca como uno de los más elegidos entre artistas contemporáneos y se presenta en variaciones como el contrachapado, interponiendo varias láminas de madera con fibras en perpendicular; y tableros de fibras con diversas densidades según la presión ejercida sobre las partículas, virutas o fibras que conforman la tabla resinosa⁹². Estos tableros incorporan adhesivos o resinas para mantener su estructura, así como aditivos y capas de recubrimiento.

Como se ha comentado anteriormente, la madera se considera muy susceptible al ataque biológico, por su naturaleza orgánica y composición celulósica. Los tableros derivados presentan características comunes con la madera como la higroscopicidad, pudiendo esperar comportamiento e incidencia biológica similares. La madera presentada en finas láminas de gran tamaño se destina a la confección de tablas de contrachapado; y material como virutas, particulados, fibras, etc. se reservan para conformar tableros aglomerados de pasta de madera. Por lo que, la asociación tradicional con la madera como soporte artístico es aceptable en términos de origen, pero no en comportamiento o proyección futura.

La madera de producción moderna, especialmente la destinada a la confección de tableros derivados, presenta una curación incompleta y es de naturaleza blanda (madera procedente de coníferas o gimnospermas) proveniente de la albura del árbol, aspectos que adelantan su descomposición y atracción biótica⁹³. La disponibilidad de nutrientes es indispensable para el desarrollo biótico, precisando de una relación carbono nitrógeno apropiada (5:1 para bacterias y 10:1 para hongos) que define la aparición de biodeterioro⁹⁴.

Como se menciona en el apartado 5.3, la madera es susceptible también al ataque de diversa tipología biológica como insectos xilófagos, parásitos y moradores; lombrices; moluscos o crustáceos y animales vertebrados, sin embargo, bacterias celulolíticas *Cellulomonas* y *Cellvibrios*, y especies de

⁹¹ *Íbid.*, pp. 13-14.

⁹² Llamas Pacheco, «Estudio técnico y estadístico sobre los soportes derivados de la madera utilizados en el arte contemporáneo», p. 9-10.

⁹³ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 15.

⁹⁴ Relaciones Carbono-Nitrógeno En Fertilización de Estanques y Sistemas de Biofloc «Global Aquaculture Advocate», Global Aquaculture Alliance, <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/relaciones-carbono-nitrogeno-en-fertilizacion-de-estanques-y-sistemas-de-biofloc/>.

Pseudomonas y *Achromobacter*, que erosionan la superficie y aumentan la permeabilidad del soporte, y, sobre todo, hongos se consideran los máximos atacantes de tableros derivados. Se destacan los hongos cromóforos que alteran la apariencia de los tableros como *Ceratocystis*, *Scytalidium*, *Chlorociboria aeruginescens* o *Gliocladium virens*; así como especies que se nutren de celulosa despolimerizada como *Trichoderma viride* o *Gliocladium roseum*⁹⁵ (figura 20).



Figura 20. Ataque fúngico sobre tablero de contrachapado.

Los componentes adhesivos introducidos en los tableros se identifican generalmente como proteínas regeneradas, siendo estas polímeros conocidos como urea-formaldehído, melamina-formaldehído o fenol-formaldehído⁹⁶. Estos polímeros tienden a hidrolizarse fácilmente, absorbiendo así agua, y amenazando la estabilidad de los grupos carboxilos presentes en su formulación, aumentando la susceptibilidad del ataque microbiano⁹⁷, en concreto por bacterias involucradas en el ciclo del nitrógeno, que pueden transformar compuestos como la urea en amoníaco⁹⁸.

Dadas las características físicas de los tableros, como la facilidad de la deformación y astillado, la polimerización de adhesivos y colas presentes, absorción humedad o desintegración de su estructura entre otras; el acceso de agentes biodeteriorantes es relativamente sencillo y accesible. Para prevenir la acción biológica sobre tableros derivados, se destaca el uso de borato de zinc⁹⁹ y concentraciones salinas que actúan como inhibidores de la actividad fúngica como el cloruro de benzalconio, Algochene N®, Preventol® RI 50, Per-xil 10®. Cabe destacar la reciente introducción de aceites esenciales como sustancias antifúngicas e insecticidas, pudiéndose mencionar los aceites de ajo (*Allium sativum*), el orégano (*Origanum vulgare* L.), las hojas de limón (*Citrus limonum*), salvia (*Salvia officinalis*), artemisa (*Artemisia vulgaris* L.) o uña de gato (*Petasites officinalis*)¹⁰⁰.

6.3.2. Papel y cartón

Para la formación de la pasta de papel, la macromolécula de celulosa queda deslignificada; además con el desenlace de la celulosa natural con una organización que recuerda a una disposición cristalina, los procesos

⁹⁵ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 82.

⁹⁶ Llamas Pacheco, «Estudio técnico y estadístico sobre los soportes derivados de la madera utilizados en el arte contemporáneo», p. 10.

⁹⁷ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, pp. 64 y 97.

⁹⁸ Rivera Serna y María Camila, «El papel de los microorganismos en el biodeterioro y la conservación de materiales de construcción - metales y concreto», *Universidad de los Andes*, 2015, <http://hdl.handle.net/1992/18286>, p. 20.

⁹⁹ Falkiewicz-Dulik, Janda, y Wypych, *Handbook of Material Biodegradation, Biodeterioration, and Biostabilization*, p. 373.

¹⁰⁰ Livio Manfredi et al., «BIOTRATAMIENTO ANTIFUNGICO DE MADERAS», LCVE / Guías de Trabajos Prácticos Científicos, Los científicos van a la escuela, p. 7, http://lcve.mincyt.gob.ar/downloads/Santiago_del_Estero_TPC2016_par2.pdf.

fisicoquímicos generan en su descomposición numerosas zonas amorfas que aumentan la probabilidad de ataque.

Con la presentación del papel en compañía de otras fuentes de ataque como tintas, colas o técnicas gráficas el papel se define como un material muy susceptible al ataque biológico. Los hongos del género *Aspergillus* (*flavus*, *fumigatus*, *niger*, *versicolor*) y *Penicillium* (*comune*, *citrinum*, *rubrum*, *variabile*¹⁰¹) son los más comunes, siendo esta tipología biológica la más abundante, manchando el papel¹⁰² y preparándolo para el ataque posterior de otras especies superiores; alimentándose de la celulosa presente, los géneros celulosolíticos incidentes son *Alternaria*, *Bacillus*, *Chaetomium*, *Chrysosporium*, *Cladosporium*, *Eladia* (*sacculum* sp.), *Fusarium*, *Mucor*, *Myrothecium*, *Paecilomyces*, *Stachybotrys* (*atra* sp.), *Stemphylium*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Rhizopus* o *Ulocladium*¹⁰³.

El aspecto o tacto de fieltro suele ser un indicador de ataque por hongos, producto de la profunda despolimerización, por metabolizar la celulosa como fuente de carbono y de energía¹⁰⁴; además se destacan patologías como la pérdida de resistencia o manchas anaranjadas producto de la "síntesis de metabolitos pigmentados y/o de la reacción de Maillard de productos del metabolismo fúngico como ácidos orgánicos, oligosacáridos y compuestos proteicos que reaccionan químicamente con el material bajo condiciones específicas tales como la baja actividad del agua y altas temperaturas"¹⁰⁵, que provocarían las manchas de aspecto oxidado, *foxing*, sobre el papel.

Las bacterias precisan un mínimo de 85% de humedad para su aparición (especies como *Cytophaga*, *Celfalpicula* o *Cellvibro*, raramente presentes), y los insectos coleópteros, isópteros, tisanuros o dictiópteros pueden erosionar el papel y crear lagunas, alimentándose también de la gelatina superficial en fotografías¹⁰⁶.

En cuanto a tratamientos biocidas, cabe mencionar el efecto fungicida de soluciones etanoicas, a las que se les pueden añadir parabenos (metil y propil, 1- 0,5%)¹⁰⁷ o la aplicación, recientemente investigada¹⁰⁸, de aminoalquilalcoxialnos (AAAS) sobre papeles con un alto contenido en lignina.

¹⁰¹ Falkiewicz-Dulik, Janda, y Wypych, *Op. cit.*, p. 118.

¹⁰² **Producidas por géneros como *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Aspergillus* y *Helicosporium***

¹⁰³ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 348.

¹⁰⁴ Andrea Cecilia Mallo et al., «Deterioro de material celulosico de interés patrimonial por la actividad de hongos ambientales: estado del arte», 2017, p. 5, <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/65597>.

¹⁰⁵ Mallo et al, *Op. cit.*, p. 6.

¹⁰⁶ Valgañón, *Op. cit.*, p. 202.

¹⁰⁷ Falkiewicz-Dulik, Janda, y Wypych, *Op. cit.*, p. 350.

¹⁰⁸ Nathan Ferrandin-Schoffel et al., «Stability of Lignocellulosic Papers Strengthened and Decidified with Aminoalkylalkoxysilanes», *Polymer Degradation and Stability* 183 (1 de enero de 2021), <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2020.109413>.

6.3.3. Textiles

También destacan por su uso en composiciones contemporáneas, bien como sustentante de la obra o añadido como parte de una composición mixta (figura 21). Los tejidos de origen vegetal que destacan por su uso artístico son el algodón o lino, como base notoria de lienzos; cáñamo, yute y sisal. La susceptibilidad al biodeterioro dependerá del contenido celulósico del textil, siendo generalmente beneficioso un alto contenido del polisacárido en condiciones de conservación óptimas, sin embargo, aprestos con almidones, glúcidos o dextrinas la aumentan¹⁰⁹. Cabe destacar el tamaño de la trama, que permite la introducción de sustancias ajenas si es muy ancha, invitando así asentamiento biológico.

Sobre textiles se encuentran ataques de hongos (celulosolíticos o no), que manchan las telas; bacterias (aparición muy excepcional) e insectos (órdenes tisanuros y blátidos, raramente termitas), que erosionan las fibras y generan pérdidas matéricas¹¹⁰. Es importante destacar la incidencia de los géneros fúngicos *Alteranria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Memnoniella*, *Myrothecium*¹¹¹, *Neurospora*, *Penicillium*, *Sorangium*, *Scopulariopsis* o *Stemphylium*; *Chaetomium*, *Curvularia*, *Escherichia*, *Memnoniella*, *Myrothecium* y *Trichoderma* especialmente en algodón; y *Cladosporium*, *Phoma* y *Trichoderma* sobre lino¹¹². Además de la incidencia de bacterias como *Cytophaga*, *Microspora*, *Myxococcoides*, *Sorangium*, *Sporocytophaga* o *Vibrio*¹¹³.

Como biocidas destaca el uso de octenidina, nitratos y cloruros de amonio, o iones de plata¹¹⁴, aunque la mejor opción es la inhibición, bien pasiva, mediante control climático; o activa, aplicando una capa cérica superficial.

6.3.4. Celulosa modificada

Con la celulosa como base, es posible la sustitución de ciertos grupos dentro de la macromolécula de azúcar. Así, se sintetiza la celulosa, que puede emplearse como tejido–rayón–, películas o láminas–celofán, nitrato y acetato de celulosa, en los que se sustituye el grupo -OH por acetatos y nitratos respectivamente–así como éteres de celulosa que, por su característica viscosidad, se emplean como adhesivos o espesantes en pinturas. En estos casos se añaden grupos carboximetil, hidroxipropoxilo y metilo, etc.¹¹⁵. La descomposición de cadenas celulósicas largas para la obtención sintética eleva la susceptibilidad de ataque por organismos, siendo la pérdida de viscosidad de

¹⁰⁹ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 95.

¹¹⁰ Valgañón, *Op. cit.*, p. 136.

¹¹¹ Fernando Poyatos et al., «Physiology of Biodeterioration on Canvas Paintings», *Journal of Cellular Physiology* 233, n.º 4 (abril de 2018): 2741-51, p. 2745, <https://doi.org/10.1002/jcp.26088>.

¹¹² Falkiewicz-Dulik, Janda, y Wypych, *Op. cit.*, p. 128.

¹¹³ *Ibid.*, p. 118.

¹¹⁴ *Ibid.*, pp. 130-31.

¹¹⁵ shirley huanca asillo, «Efecto de celulosas modificadas y pectinas sobre la masa panaria», <https://es.slideshare.net/shirleyhuancaasillo/efecto-de-celulosas-modificadas-y-pectinas-sobre-la-masa-panaria>.

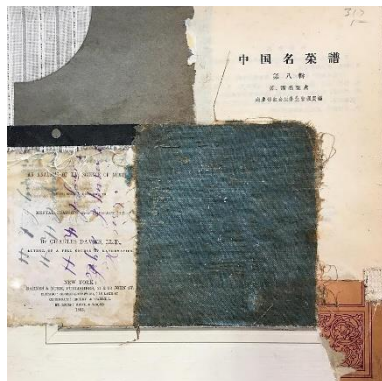


Figura 21. Day 3: 40 Days Series de Crystal Neubauer en 2018, collage, técnica mixta.

los éteres de celulosa gelificados por ataques aislados un ejemplo. Bacterias, hongos y actinomicetos producen la enzima necesaria “celulasa” para la descomposición celulósica. Entre las bacterias se destacan los géneros *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Cytophaga*, *Pseudomonas*, *Sporocytophaga*, *Micromonospora*, *Nocardia*, *Streptomyces* o *Streptosporangium*¹¹⁶. En cuanto al ataque fúngico se observan los géneros aerobios *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium* (extraordinariamente común en ambientes celulósicos) y *Chaetomium*¹¹⁷ mayoritariamente, así como géneros *Neurospora*, *Coriulus*, *Pleurotu*, *Schizophyllum*, *Fusarium* o *Trichoderma*; y géneros anaerobios *Neocallimastix*, *Piromyces*, *Caecomyces*, *Orpinomyces* y *Anaeromyces*¹¹⁸.

Como antifúngico para la degradación celulósica se destaca el parahidroxibenzoato de etilo¹¹⁹.

6.4. POLÍMEROS

Un polímero se define como la macromolécula, generalmente orgánica, resultante de la unión de varios monómeros, que, a su vez, son moléculas de bajo peso molecular¹²⁰. Esta unión se produce a través de la polimerización, con la cual se consigue una sustancia menos activa químicamente y de un peso molecular elevado¹²¹. La presencia de polímeros en obras artísticas se evidencia con la aparición de diversos plásticos, bien como componente de la pieza, como objeto artístico o sustentante, así como en forma de resinas sintéticas¹²² como el acetato de polivinilo, alcohol polivinílico, resinas epoxídicas o alquídicas, polímeros de fenol/formaldehído o nitrato de celulosa forma de adhesivos o componentes en pinturas o sustancias filmógenas¹²³.

El caucho natural o sintético, látex y silicona también son polímeros, que mediante mecanismos de absorción de agua y oxidación se sitúan como biosusceptibles, el género *Nocardia* degradador del butadieno, obtenido a

¹¹⁶ Paola Andrea Viteri Florez, David Arturo Castillo Guerra, y Silvio Edgar Viteri Rosero, «Capacidad y diversidad de bacterias celulolíticas aisladas de tres hábitats tropicales en Boyacá, Colombia», *Acta Agronómica* 65, n.º 4 (octubre de 2016), p. 364, <https://doi.org/10.15446/acag.v65n4.50181>.

¹¹⁷ Aitana Valderrama Maiques, «Tècniques de cultius aplicades a la conservació- restauració en cas d'atac fúngic sobre peces a intervenir», *UNICUM*, n.º 16 (2017), p. 94, <https://raco.cat/index.php/UNICUM/article/view/332758>.

¹¹⁸ Ivonne Gutiérrez-Rojas, Nubia Moreno-Sarmiento, y Dolly Montoya, «Mecanismos y regulación de la hidrólisis enzimática de celulosa en hongos filamentosos: casos clásicos y nuevos modelos», *Revista Iberoamericana de Micología* 32, n.º 1 (1 de enero de 2015), p. 2, <https://doi.org/10.1016/j.riam.2013.10.009>.

¹¹⁹ D. Boniek et al., «Fungal Bioprospecting and Antifungal Treatment on a Deteriorated Brazilian Contemporary Painting», *Letters in Applied Microbiology* 67, n.º 4 (2018), pp. 337-42, <https://doi.org/10.1111/lam.13054>.

¹²⁰ «Polímero», <https://www.quimica.es/enciclopedia/Pol%C3%ADmero.html>.

¹²¹ Rutherford John Gettens y George Leslie Stout, *Painting Materials: A Short Encyclopaedia* (Courier Corporation, 1966), p. 49.

¹²² matias, «Clasificación de los polímeros», Text, 6 de 2013, <https://www.textoscientificos.com/polimeros/clasificacion>.

¹²³ Juan Peris Vicente, «Estudio analítico de materiales empleados en barnices, aglutinantes y consolidantes en obras de arte mediante métodos cromatográficos y espectrométricos.», 2007, pp. 74-79, <https://roderic.uv.es/handle/10550/15821>.

partir de petróleo¹²⁴ es un ejemplo. El grado de cristalización, ramificación y morfología (peso molecular) polimérica determinan la susceptibilidad de degradación enzimática, estableciéndose una relación inversa entre la Temperatura de fusión (Tm) y la proporción de biodeterioro¹²⁵.

La presencia de aditivos, cargas o impurezas, en especial plastificantes (a base de adipatos y sebacatos¹²⁶), aumentan la susceptibilidad de biodeterioro, que son utilizados como fuente nutritiva. Algunos de los biocidas empleados sobre plásticos se conocen como *trilan*, *cymid*, salicilanilida y compuestos de organoarsénico y organotinas¹²⁷. Cabe destacar que la adición de peróxido de hidrógeno, ácido sulfúrico y nítrico oxidan la superficie polimérica; y surfactantes como el Tween 80® y el dodecilsulfato de sodio aumentan su hidrofiliidad, promoviendo la biodegradación¹²⁸.

Los plásticos expuestos son polímeros orgánicos, siendo los vinílicos constituidos por átomos de carbono solamente, y los no vinílicos compuestos por oxígenos o nitrógeno en adición al carbono de base.

6.4.1. Polímeros vinílicos

El **polietileno**, de cadenas cortas y ocasionalmente ramificadas, no resulta susceptible al biodeterioro en su presentación pura, sin embargo, las presentaciones de alta y baja densidad (HDPE y LDPE) pueden ser degradadas por las especies bacterianas *Pseudomonas sp.* y *Pseudomonas aeruginosa*¹²⁹; larva del insecto coleóptero *Zophobas*¹³⁰ sobre LDPE, y el hongo *Aspergillus flavus* sobre ambas¹³¹. La variación polietilenglicólica (PEG), puede metabolizarse por muchas bacterias gram-negativas como resultado de la oxidación de grupos alcohólicos y rotura del enlace éter¹³². Cabe destacar la capacidad biodegradante de los hongos *Aspergillus clavatus*¹³³, *fumigatus*¹³⁴,

¹²⁴ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Introducción al biodeterioro*, p. 62.

¹²⁵ Ayodeji Amobonye et al., «Plastic Biodegradation: Frontline Microbes and Their Enzymes», *Science of The Total Environment* 759 (10 de marzo de 2021), p. 11, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143536>.

¹²⁶ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 73.

¹²⁷ Elena L. Pekhtasheva y G. E. Zaikov, «PROTECTION OF SYNTHETIC POLYMERS FROM BIODEGRADATION», en *Key Engineering Materials, Volume 2* (Apple Academic Press, 2014), p. 283.

¹²⁸ Amobonye et al., *Op. cit.*, p. 11.

¹²⁹ Kartikey Kumar Gupta y Deepa Devi, «Characteristics Investigation on Biofilm Formation and Biodegradation Activities of *Pseudomonas Aeruginosa* Strain ISJ14 Colonizing Low Density Polyethylene (LDPE) Surface», *Heliyon* 6, n.º 7 (1 de julio de 2020), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04398>.

¹³⁰ Bo-Yu Peng et al., «Biodegradation of Low-Density Polyethylene and Polystyrene in Superworms, Larvae of *Zophobas Atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad and Limited Extent Depolymerization», *Environmental Pollution* 266 (1 de noviembre de 2020), <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115206>.

¹³¹ Junqing Zhang et al., «Biodegradation of Polyethylene Microplastic Particles by the Fungus *Aspergillus Flavus* from the Guts of Wax Moth *Galleria Mellonella*», *Science of The Total Environment* 704 (20 de febrero de 2020), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135931>.

¹³² Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 65.

¹³³ Anudurga Gajendiran, Sharmila Krishnamoorthy, y Jayanthi Abraham, «Microbial Degradation of Low-Density Polyethylene (LDPE) by *Aspergillus Clavatus* Strain JASK1 Isolated

*Pleurotus ostreatus*¹³⁵; bacteria *Bacillus sp.*¹³⁶; y actinomiceto *Streptomyces sp.*¹³⁷.

El policloruro de vinilo, **PVC**, admite crecimiento fúngico, como *Aspergillus flavus*¹³⁸ y *Cochliobolus sp.*¹³⁹, así como ataques bacterianos sobre el polímero plastificado de *Streptomyces rubrieticuli* identificándose como una mancha rosa¹⁴⁰.

En cuanto al polímero de gran peso molecular, **polipropileno**, cabe mencionar la capacidad biodeteriorante de la bacteria *Stenotrophomonas panacihumi*¹⁴¹ y los hongos *Phanerochaete chrysosporium*¹⁴² y *Aspergillus niger*¹⁴³.

Tanto **poliestireno** como el polímero acrílico **PVA**, (poliacetato de vinilo) son susceptibles al bioataque en su presentación líquida¹⁴⁴, siendo el primero susceptible a biodegradación por *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus megaterium*, *Streptococcus pyogenes*¹⁴⁵, *Cephalosporium sp.*, *Mucor spp.*¹⁴⁶ y

from Landfill Soil», *3 Biotech* 6, n.º 1 (13 de febrero de 2016), <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0394-x>.

¹³⁴ Christabel Ndahebwa Muhonja et al., «Biodegradability of Polyethylene by Bacteria and Fungi from Dandora Dumpsite Nairobi-Kenya», *PLOS ONE* 13, n.º 7 (6 de julio de 2018), p. 12, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198446>.

¹³⁵ Luis D. Gómez-Méndez et al., «Biodeterioration of Plasma Pretreated LDPE Sheets by *Pleurotus Ostreatus*», *PLOS ONE* 13, n.º 9 (13 de septiembre de 2018), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203786>.

¹³⁶ Čeněk Novotný et al., «Deterioration of Irradiation/High-Temperature Pretreated, Linear Low-Density Polyethylene (LLDPE) by *Bacillus Amyloliquefaciens*», *International Biodeterioration & Biodegradation* 132 (1 de agosto de 2018), <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.04.014>.

¹³⁷ Ali Farzi, Alireza Dehnad, y Afsaneh F. Fotouhi, «Biodegradation of Polyethylene Terephthalate Waste Using *Streptomyces* Species and Kinetic Modeling of the Process», *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 17 (1 de enero de 2019), <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.11.002>.

¹³⁸ Ayodeji Amobonye et al., «Plastic Biodegradation: Frontline Microbes and Their Enzymes», *Science of The Total Environment* 759 (10 de marzo de 2021), p. 6, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143536>.

¹³⁹ Tirupati Sumathi et al., «Production of Laccase by *Cochliobolus Sp.* Isolated from Plastic Dumped Soils and Their Ability to Degrade Low Molecular Weight PVC», *Biochemistry Research International* 2016 (12 de mayo de 2016), <https://doi.org/10.1155/2016/9519527>.

¹⁴⁰ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 73.

¹⁴¹ Hyun Jeong Jeon y Mal Nam Kim, «Isolation of Mesophilic Bacterium for Biodegradation of Polypropylene», *International Biodeterioration & Biodegradation* 115 (1 de noviembre de 2016), p. 246, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.08.025>.

¹⁴² D. Jeyakumar, J. Chirsteen, y Mukesh Doble, «Synergistic Effects of Pretreatment and Blending on Fungi Mediated Biodegradation of Polypropylenes», *Bioresource Technology* 148 (1 de noviembre de 2013) pp. 78-85, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.08.074>.

¹⁴³ Mohammed Awwalu Usman, Ibrahim Momohjimoh, y Abdulhafiz Onimisi Usman, «Mechanical, Physical and Biodegradability Performances of Treated and Untreated Groundnut Shell Powder Recycled Polypropylene Composites», *Materials Research Express* 7, n.º 3 (marzo de 2020), p. 3, <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab750e>.

¹⁴⁴ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 66.

¹⁴⁵ Mojgan Arefian, Arezoo Tahmourespour, y Mohammadali Zia, «Polycarbonate Biodegradation by Newly Isolated *Bacillus* Strains», *Archives of Environmental Protection* Vol. 46, n.º 1 (2020), p. 16 y 18, <https://doi.org/10.24425/aep.2020.132521>.

¹⁴⁶ Ashutosh Kr Chaudhary y R. P. Vijayakumar, «Studies on Biological Degradation of Polystyrene by Pure Fungal Cultures», *Environment, Development and Sustainability* 22, n.º 5 (1 de junio de 2020), pp. 4495-4508, <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00394-5>.

*Zophobas*¹⁴⁷; y el segundo pudiendo ser degradado y utilizado por la bacteria *Pseudomonas sp.* como fuente de carbono y energía¹⁴⁸.

6.4.2. Polímeros no vinílicos

La accesibilidad biodeteriorante del **poliéster** depende del ácido orgánico empleado para su formulación: los adipatos, sebacatos y caproatos se reconocen como degradables, además, existen numerosos organismos productores de esterases e hidrolasas, las enzimas que degradan ésteres e hidrolizan sus enlaces respectivamente¹⁴⁹.

Los **poliuretanos** devienen susceptibles al biodeterioro con su contenido en poliésteres, que aumentan la posibilidad de hidrólisis. Las enzimas proteasa, lipasas y esterases de bacterias aeróbicas y anaeróbicas atacan las uniones de uretano y segmentos de poliéster. *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas chlororaphis* y *Comamonas acidovorans* presentan enzimas extracelulares y termoestables degradadoras del tramo poliéster¹⁵⁰. Bacterias de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Micrococcus* son capaces de degradar el poliuretano, así como el hongo *Aspergillus fumigatus*¹⁵¹.

Finalmente, las **poliamidas**, empleadas para la constitución de películas y fibras como el nylon, pueden ser degradadas por enzimas hidrolasas presentes en *Flavobacterium* y *Pseudomonas*¹⁵², así como ser colonizadas por hongos cromógenos sin afectar su estabilidad¹⁵³, no obstante, son muy resistentes.

6.5. PINTURA SINTÉTICA

Las pinturas se componen de aglutinante (acetato de vinilo, cloruro de vinilo, acrilato, látex estireno, etc.), pigmentos (generalmente minerales) y un disolvente, bien hidrocarburo o acuoso, también suelen contener surfactantes, reguladores de viscosidad (normalmente éteres de celulosa, con sus propios riesgos de bioestabilidad) y cargas inertes orgánicas.

La primera colonización autótrofa sobre capas o elementos inorgánicos, y la consecuente segregación de ácidos alteran pigmentos descomponiéndolos y favoreciendo la aparición de hongos, que producen velos blanquecinos, cambios y manchas cromáticas, y actividad enzimática, capaz de dañar la composición química del sustrato¹⁵⁴. Componentes como el látex, presente en hasta un 40% de emulsiones pictóricas, contienen elementos nutricionales

¹⁴⁷ Peng et al., *Op. cit.*

¹⁴⁸ Masayuki Shimao, «Biodegradation of Plastics», *Current Opinion in Biotechnology* 12, n.º 3 (1 de junio de 2001), p. 244, [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(00\)00206-8](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(00)00206-8).

¹⁴⁹ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, pp. 66-67; Shimao, *Op. cit.*, p. 242.

¹⁵⁰ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 71.

¹⁵¹ Muhammad Osman et al., «Degradation of Polyester Polyurethane by *Aspergillus* Sp. Strain S45 Isolated from Soil», *Journal of Polymers and the Environment* 26, n.º 1 (1 de enero de 2018), p. 309, <https://doi.org/10.1007/s10924-017-0954-0>.

¹⁵² S. Negoro, «Biodegradation of Nylon Oligomers», *Applied Microbiology and Biotechnology* 54, n.º 4 (1 de octubre de 2000), p. 462, <https://doi.org/10.1007/s002530000434>.

¹⁵³ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 72.

¹⁵⁴ Valgañón, *Op. cit.*, p. 152.

para microorganismos, además de presentar un pH de entre 4,5 y 9 en pintura líquida, que puede ser colonizada tanto por bacterias gram-negativas como positivas, destacándose el género *Bacillus*. No obstante, el 75% de los microorganismos son bacterias *pseudomonales*, que aparecen en respuesta del óptimo pH de 8 – 9,5 de la pintura ya seca¹⁵⁵.

Sobre capas de pintura, se identifican hongos del género *Alternaria*, *Aspergillus* (en especial *niger*, productor de melanina y en consecuencia, manchas negras; y la especie *flavus*¹⁵⁶), *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Nigrospora* y especies como *Aureobasidium pullulans*, *Chaetomium globosum*, *Epicoccum nigrum*, *Gliocladium virens* o *Penicillium citrinum*, *purpurogenum*, *pinophilum* y *variable*¹⁵⁷; cianobacterias de tipo cocoide; y alga del género *Chlorella* y de la especie *Stichococcus bariliaris*¹⁵⁸. El orden de susceptibilidad según aglutinante expone acrílico, acetato de polivinilo y alquídico de menor a mayor riesgo de ataque biológico¹⁵⁹.

Para la protección del biodeterioro sobre capas pictóricas, se propone el uso de gases inertes como el helio, argón o nitrógeno para la erradicación biológica, así como la aplicación de biocidas químicos como Biotin®, New-Des® y Nipagin®¹⁶⁰.

7. PLAN DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA: PASOS PREVIOS

7.1. MÉTODOS PARA LA DETECCIÓN BIOLÓGICA

Para la detección de colonias biológicas o ataques sobre soportes específicos, la metodología identificativa se basa en una localización inicial y la recogida de muestras biológicas, para su observación y categorización. En primer lugar, la recogida de muestras es precisa, pudiéndose obtener mediante hisopo, raspado, cinta adhesiva o tomando un fragmento del propio sustrato. Las muestras obtenidas se observan bajo microscopio (estereomicroscopio, microscopía de fuerza atómica, microscopía de barrido ambiental, microscopía de barrido láser confocal) para dictar el siguiente paso explorativo: si se tratara de una especie vegetal (plantas o algas), se procede a realizar un análisis botánico¹⁶¹; y si se trata de una especie fúngica, bacteriana, actinomicética, etc., se continúa con el cultivo, incubando las células

¹⁵⁵ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 78.

¹⁵⁶ Boniek et al., «Fungal Bioprospecting and Antifungal Treatment on a Deteriorated Brazilian Contemporary Painting», p. 338.

¹⁵⁷ Falkiewicz-Dulik, Janda, y Wypych, *Handbook of Material Biodegradation, Biodeterioration, and Biostabilization*, p. 300.

¹⁵⁸ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 80.

¹⁵⁹ Francesca Cappitelli et al., «Investigation of Fungal Deterioration of Synthetic Paint Binders Using Vibrational Spectroscopic Techniques», *Macromolecular Bioscience* 5, n.º 1 (14 de enero de 2005), p. 56, <https://doi.org/10.1002/mabi.200400134>.

¹⁶⁰ Poyatos et al., «Physiology of Biodeterioration on Canvas Paintings», p. 2749.

¹⁶¹ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 232.

capturadas para formar colonias, mediante placas de contacto. Una vez el crecimiento es substancial, se vuelve a observar la colonia bajo microscopio para su identificación concreta o secuenciación del material genético para una identificación muy precisa a nivel de especie. También es posible, para analizar el impacto superficial sobre sustratos artísticos y la presencia celular o de productos metabólicos, emplear métodos como el análisis por energía dispersiva rayos X; espectrografía infrarrojos transformada de Fourier; difracción, fotospectroscopía y fluorescencia de rayos X; microespectroscopía de reflectancia infrarroja de absorción intensificada por superficie; espectroscopía fotoacústica infrarroja¹⁶² o espectroscopía de masas de ionización secundaria de tiempo de vuelo¹⁶³.

Sin embargo, para la mera detección de actividad biológica existen métodos como la luminiscencia ATP¹⁶⁴, que permite la localización rápida de acción microbiana sobre cualquier superficie: el número de células vivas es proporcional al nivel de intensidad de luminiscencia, por la mayor cantidad de ATP, por lo que es un método muy sencillo. En segundo lugar, para detectar la presencia de hongos, por medio de la cromatografía de gases de alta resolución (HPLC), es posible detectar la presencia de ergosterol¹⁶⁵, pudiendo no sólo cuantificar en adición el crecimiento fúngico, sino comprobar la eficacia de fungicidas también. Por último y también mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas, se puede detectar la actividad microbiana ambiental mediante el análisis de ácidos grasos de fosfolípidos¹⁶⁶.

Finalmente, para la identificación taxonómica, el método más empleado es la detección específica de secuencias de ADN, mediante la ampliación de extracción de ADN o ARN por PCR (reacción en cadena de la polimerasa), obteniendo así los clones necesarios para la secuencia del material genético y poder comparar con la base de datos para identificar la especie¹⁶⁷. Por otra parte, la técnica FISH (hibridación fluorescente *in-situ*), una fluorocromo al ARN propuesto, pudiéndose identificar posteriormente la célula completa mediante microscopía epifluorescente¹⁶⁸.

7.2. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PREVENCIÓN

En el apartado 5 se mencionan agua, temperatura, luz y composición atmosférica como factores decisivos para el desarrollo de organismos. El

¹⁶² Cappitelli et al., *Op. cit.*

¹⁶³ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 186.

¹⁶⁴ **Adenosin trifosfato, molécula portadora de la energía primaria para todas las formas de vida, todas la contienen**

¹⁶⁵ **Compone la membrana celular fúngica, el colesterol cumple su misma función en células animales**

¹⁶⁶ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 165.

¹⁶⁷ González, «Diversidad microbiana y biodeterioro en la conservación del patrimonio».

¹⁶⁸ Francesca Cappitelli, Pamela Principi, y Claudia Sorlini, «Biodeterioration of Modern Materials in Contemporary Collections: Can Biotechnology Help?», *Trends in Biotechnology* 24, n.º 8 (agosto de 2006), p. 351, <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2006.06.001>.

control de dichos factores determina la bioaparición y consecuente degradación de material artístico.

La vigilancia del factor de aparición agua, se concentra en la observación de los niveles de humedad relativa y la actividad acuosa (a_w) del material específico. Generalmente, la recomendación de control de **humedad relativa**, se detiene en el rango de 50-55%¹⁶⁹, pero con dependencia de los materiales empleados en las obras, y el tipo de colección presente, se consideran rangos más amplios o de menor o mayor humedad relativa, constituyendo que el alto riesgo, tanto para la estabilidad matérica de los materiales, como para la aparición de microorganismos se encuentra fuera del rango 25-75% de HR¹⁷⁰, sin embargo, siempre se debe adaptar este valor al nivel más reducido posible, ya que cuanto más seco es el ambiente, menos favorable resulta para el asentamiento biológico. La premisa más importante en cuanto al control y determinación de los niveles de HR es asegurar que no se producen cambios bruscos o que los valores no rozan los extremos del rango recomendado. Con esto cabe destacar que una HR alta minimiza daños mecánicos, mientras que una HR baja, disminuye la posibilidad de cambios químicos¹⁷¹. Los valores de a_w de cada objeto varían en función del aire que los rodea, por lo que, precisamente es el efecto de la HR sobre la actividad acuosa de cada material lo que determina su compatibilidad biodeteriorativa.

La **temperatura**, en conjunto con la humedad relativa, determinarán el ambiente favorable o no para organismos potencialmente dañinos. Este valor suele mantenerse dentro del rango 16-20°C, nunca superando esta temperatura, en espacios expositivos. Para el almacenamiento de obras, es aconsejable, dada la posibilidad, plantear la disminución adicional de la temperatura, que asegura la reducción del crecimiento biológico. Es importante tener en cuenta, el deterioro no sólo biológico que supone una temperatura elevada, sino el riesgo general sobre la composición matérica de los objetos; como cambios dimensionales, reblandecimiento de elementos plásticos y una aumentada atracción de particulado ambiental¹⁷². La consideración imprescindible, sin embargo, es la estabilidad y constancia, tanto de la HR como la temperatura y de su combinación, además de una ventilación adecuada, en especial en espacios expositivos, permitiendo prevenir la condensación¹⁷³.

En cuanto a la **iluminación** se debe tener en cuenta el amplio rango de elección, así como la limitación temporal de la exposición material a la misma. La degradación lumínica puede ser determinante en cuanto a daños producidos, invitando así el ataque biológico. Su ausencia puede favorecer la

¹⁶⁹ Isabel María García Fernández, *La conservación preventiva de bienes culturales* (Alianza Editorial, 2013), p. 129.

¹⁷⁰ Stefan Michalski, *Op. cit.* En: Caple, *Op. cit.*, p. 364.

¹⁷¹ Erhardt y Mecklenburg, *Op. cit.* En: Caple, *Op. cit.*, p. 353.

¹⁷² «Temperature and Relative Humidity | Development Services», <https://manual.museum.wa.gov.au/temperature-and-relative-humidity>.

¹⁷³ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 152.

proliferación de especies de insectos u hongos, o imposibilitar el desarrollo fotosintético de otras. Como valor estándar, se establecen los 50 luxes como una intensidad aceptable para la iluminación directa de piezas artísticas, aunque existen instancias en las que el aumento a 150 luxes contribuye a una interpretación más fiel de la imagen¹⁷⁴. Normalmente, las recomendaciones más destacadas, describen la reducción del tiempo de iluminación, control de la radiación receptora, uso de filtros UV, la reducción de las emisiones del espectro rojo e infrarrojo y el uso de pantallas o cortinas para bloquear la incidencia directa¹⁷⁵. Por supuesto, el control constante de la emisión radioactiva, y la intensidad lumínica es imprescindible, intentándose, con el clima adecuado, mantener el máximo tiempo posible la estancia contenedora a oscuras.

Por último, el **particulado ambiental**, así como la contaminación general se debe limitar al máximo, dado su determinante papel en la introducción del ciclo vital sobre superficies, así como el transporte biótico que alberga la misma atmósfera. Para el control de este factor, se destaca el filtrado de aire presente en el espacio de almacenamiento y exposición, así como la recirculación del aire filtrado¹⁷⁶. Si fuera necesario se deberá implementar un sistema de extracción. También es interesante considerar el almacenamiento protector, que inhibe el contacto directo con el ambiente mediante materiales inertes y compatibles con el objeto, que además no atraigan el polvo ambiental. Para el control del parámetro/situación ambiental se pueden emplear gases, particulado o dosímetro en aerosol, que detectarán la presencia de contaminantes del aire¹⁷⁷. La presencia de particulado biológico en la atmósfera debe controlarse mediante la ventilación periódica, pudiendo implementarse filtros específicos que no permiten el paso de organismos hacia el interior del espacio. También existen métodos de predicción del desarrollo vital mediante la instalación de un “data logger” especializado, que tendrá en cuenta las condiciones ambientales para informar de la posibilidad de aparición biológica. Así, un “registrador fúngico” o “fungal logger” toma en cuenta el índice de crecimiento fúngico y las características del ambiente para estimar la etapa de crecimiento y dispersión¹⁷⁸.

Finalmente, y como recomendaciones generales se subrayan prácticas como el aislamiento de elementos nuevos, un periodo de cuarentena estandarizado, y la revisión periódica de las condiciones del archivo, exposición o sala específica. Asimismo, el mantenimiento y vigilancia de los filtros de aire de los sistemas de climatización es indispensable, por la posibilidad de

¹⁷⁴ Fernández, *Op. cit.*, 186.

¹⁷⁵ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 158; Valgañón, *Op. cit.*, p. 212.

¹⁷⁶ Charlie Costain *Framework for Preservation of Museum Collections*. En: Caple, *Op. cit.*, p. 31.

¹⁷⁷ *Ibid.*, p. 36.

¹⁷⁸ «Factores condicionantes para el desarrollo de los hongos», *Suconel | Tienda electrónica / Colombia* (blog), 11 de noviembre de 2013, <https://suconel.com/2013/11/11/factores-condicionantes-para-el-desarrollo-de-los-hongos/>.

asentamiento fúngico que presenta esa zona¹⁷⁹. Indiscutiblemente, la limpieza regulada del espacio es decisiva y obligatoria para el mantenimiento y conservación preventiva correctos.

7.2.1. El conflicto de la compatibilidad preventiva

Con la confección artística contemporánea, la materialidad adquiere importancia valorativa sobre el abordaje de la lectura artística, por lo que la sustitución de materia original no siempre se presenta como una opción. También característico de esta confección es el desinterés por una convivencia armoniosa entre materiales en un mismo objeto artístico como premisa. Por lo que, en términos de conservación de una pieza de arte, se debe posicionar la propia construcción del objeto artístico como primer “desafío conservativo”, bien por la aplicación errónea de sustancias filmógenas o añadidos, combinaciones no acertadas, o una metodología que dista del destino conferido para su aplicación y empleo en un principio.

Esta interferencia e interacción material pueden promover la aparición microbiológica, por los daños producidos sobre la materia original, o interacciones enzimáticas intermateriales. Por lo que, la reflexión acerca del contacto material y las consecuencias de un plan conservativo que no toman en cuenta los peligros que puede suponer, se define como indispensable, antes de incluso establecer límites de prevención y control básicos.

Cauchos o lana son la fuente de compuestos sulfurados que afectan la integridad de metales como la plata o el oro, telas como el fieltro o adhesivos fijadores, todos materiales comunes (o dentro de la posibilidad de uso) sobre obras contemporáneas. También son posibles las combinaciones de materiales como maderas procesadas, contenedoras de adhesivos, barnices, selladores o sustancias antifúngicas y antipudriciones, secretadoras de ácidos orgánicos como el ácido fórmico y acético; con metales como el cobre, zinc, plomo; acetatos de polivinilo, poliuretanos y algunas siliconas; así como otras maderas de contrachapado o aglomerado y papel, que precisamente son los materiales que sufren daños a partir de estos. Algunos plásticos son fuente de cloritos, que afectan la composición de cloruro de polivinilo, cloruro de polivinilideno, cobre, aluminio, zinc o hierro. Así como los óxidos de nitrógeno, contaminante a partir de plásticos, daña el nitrato de celulosa o el cobre y hierro¹⁸⁰.

Cabe mencionar que, por ejemplo, la presencia de cobre en una composición puede afectar la actividad de la lacasa, enzima bacteriana encontrada en, por ejemplo, el actinomiceto *Rhodococcus* que, con su

¹⁷⁹ Milagros Vaillant Callol, Nieves Valentín Rodrigo, y María Teresa Doménech Carbó, *Una mirada hacia la conservación preventiva del patrimonio cultural* (Universitat Politècnica de València, 2003), p. 240, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=70874>.

¹⁸⁰ Stefan Michalski, *Relative Humidity: Correct/Incorrect Values*. En: Chris Caple, *Preventive Conservation in Museums* (London; New York, 2011), p. 243.

actividad catalizadora del cobre, contribuye a la biodegradación y biodeterioro del polietileno¹⁸¹.

Todas las reacciones descritas, dañan la composición de los materiales afectados y promueven la deformación de la forma inicial de la propia materia, por lo que el ataque biológico incrementa en posibilidad; o bien son mecanismos de biodeterioro preparatorio, con el cual la acción biodeteriorante ya ha dado comienzo.

Por otra parte, las decisiones en cuanto a tratamiento también se ven afectadas por el origen, respuesta, comportamiento y características compositivas de todos los variados materiales. Un cierto tratamiento puede ser la respuesta para el material base, pero producir daños sobre los materiales adheridos superficiales y viceversa, además no sólo existe discrepancia compositiva relevante en cuanto a elección de tratamientos conservativos, sino que su mantenimiento y las condiciones físicas del ambiente pueden convertirse en un agente tanto positivo como dañino sobre la misma pieza, variando en resultado sobre el material afectado.

Un tratamiento de exterminación como la anoxia o sustitución de gases por atmósfera modificada puede resultar en vano si se desconoce la identidad específica del organismo a eliminar, especialmente cuando se trata de bacterias. Así, la atmósfera modificada con nitrógeno sólo afecta las especies aeróbicas, sin inhibir la actividad anaeróbica. De la misma manera, la anoxia no afectará a organismos anaeróbicos. Estos tratamientos pueden exterminar ciertas especies, mientras promueven el crecimiento de otras, con necesidades nutricionales distintas, por lo que reconocer su comportamiento con anterioridad asegurará la decisión correcta¹⁸².

De la misma manera, y para el mantenimiento de la pieza, el control de la HR del ambiente es primordial. Surge, sobre obras de interferencia multi-material, la discrepancia entre rangos de comodidad de HR. Minerales, celulosa, metales, elementos protéticos, etc. disponen de rangos distintos de protección de sus propiedades materiales (figura 22), por lo que la identificación de las necesidades específicas de cada material es el primer paso para asesorar el nivel de HR y temperatura, precisando en ocasiones, de un área específica de aislamiento ambiental. Le decisión, como apuntan D. Erhardt y M. Mecklenburg¹⁸³ dependerá, más allá del rango necesitado por cada material, de la priorización de la prevención de daño mecánico (HR alta) o la prevención de degradación química (HR baja).

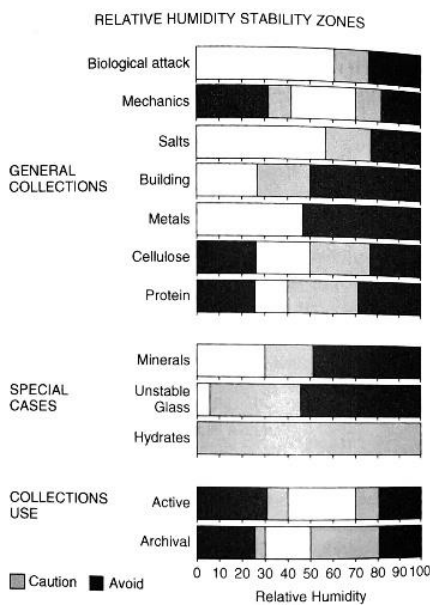


Figura 22. Variación de la "zona de confort" de HR de diversos materiales.

¹⁸¹ Miriam Santo, Ronen Weitsman, y Alex Sivan, «The Role of the Copper-Binding Enzyme – Laccase – in the Biodegradation of Polyethylene by the Actinomycete *Rhodococcus Ruber*», *International Biodeterioration & Biodegradation* 84 (1 de octubre de 2013), p. 209, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.03.001>.

¹⁸² Silvia Marcela Ospina Meneses y José Régulo Cartagena Valenzuela, «La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos», *Revista Lasallista de Investigación* 5, núm. 2 (diciembre de 2008), p. 117, <https://www.redalyc.org/pdf/695/695502.pdf>.

¹⁸³ W. David Erhardt y Marion F. Mecklenburg, *Relative Humidity Re-examined*. En: Caple, *Op. cit.*, p. 353.

7.3. MEDIDAS DE CURACIÓN Y MANTENIMIENTO

Una vez se identifica el foco biológico, o la localización del asentamiento, se debe actuar sobre el material para su eliminación. Entre las consideraciones adecuadas, se destaca la diferenciación entre grados de aplicación y tratamiento. La curación puede constituir un solo paso de retirada física o implicar procedimientos más complicados, con varias etapas y conllevar cambios físicos y químicos sobre la materia. También hay que considerar si es necesaria la erradicación o muerte de la especie, posibilidad de su simple evacuación o en definitiva la implementación de sistemas de inhibición del contacto biológico futuro.

Como método más simple, la retirada mecánica¹⁸⁴ es una opción para ataques puntuales, colonias inactivas o como primer paso para la eliminación biológica. Se pueden emplear cepillos, bisturís, brochas... así como el método de aspiración y control de filtrado de succión.

En cuanto a métodos físicos, que dependen de la acción de agentes externos sobre la composición del material, se destaca el uso de rayos gamma (γ), que tienen un efecto biocida muy eficaz, además de no provocar ningún fenómeno de radioactividad secundario. Es eficaz sobre madera, sin efectos adversos, y papel, tratando el crecimiento fúngico¹⁸⁵, aunque sobre éste se debe cuidar la incidencia, por la potencial pérdida de resistencia mecánica y el efecto que la radiación puede tener sobre la celulosa, sensibilizándola¹⁸⁶. Las piezas pueden someterse a cambios de temperatura, que inhabilitarán la actividad de los organismos, bien por el aumento de temperatura o disminución. El calentamiento de las piezas debe rozar temperaturas por el encima del punto de ebullición para reducir la viabilidad de organismos productores de esporas¹⁸⁷, aunque una temperatura muy elevada podría catalizar reacciones químicas de degradación por lo que Nieves Valentín recomienda y asegura que una temperatura de entre 55 y 60°C es suficiente¹⁸⁸. Las microondas proporcionan la excitación molecular necesaria para producir el aumento de temperatura, sin llegar a ionizar la superficie¹⁸⁹, por lo que, la penetración es muy limitada. Sobre madera, pueden producir deformaciones y fisuras, aunque su efectividad puede evaluarse como método inicial de evacuación de insectos¹⁹⁰. Otra opción muy mencionada y utilizada en

¹⁸⁴ Violeta Valgañón, *Op. cit.*, p. 219.

¹⁸⁵ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 195.

¹⁸⁶ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 173.

¹⁸⁷ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 192.

¹⁸⁸ Nieves Valentín Rodrigo, «Biodeterioro de los bienes culturales: Materiales orgánicos», p. 193.

¹⁸⁹ Laura Paloma Correa Cuevas y Efrén Hernández Baltazar, «El uso de las microondas en la industria farmacéutica», *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas* 42, n.º 4 (diciembre de 2011) p. 7, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1870-01952011000400002&lng=es&nrm=iso&tIng=es.

¹⁹⁰ Milagros Vaillant Callol, Nieves Valentín Rodrigo, y María Teresa Doménech Carbó, *Op. cit.*, p. 256.

instituciones como el V&A Museum¹⁹¹, es la refrigeración de objetos para retardar el crecimiento biológico. Existen muchas formas de conseguir la muerte por congelación, pudiéndose crear un descenso brusco y mantenido, cambios periódicos de temperaturas y ciclos de congelación y descongelación controlada. Algunos autores indican la necesidad de llegar a -20°C¹⁹², mientras que otros aseguran la eficacia letal de una congelación a 0°C en algunos insectos¹⁹³. El ultrasonido también sirve como opción para ahuyentar especies de insectos y animales¹⁹⁴. Por último, es preciso mencionar la erradicación de plagas mediante la creación de una atmósfera alterada, en la que se posibilita la opción de una sustitución de gases como el argón, nitrógeno, helio o dióxido de carbono; o bien la anoxia controlada por la limitación del volumen de oxígeno (valores de entre 0,1 a 0,03%) mediante el uso de bolsitas absorbentes de oxígeno (Ageless®) y el control mediante termo-higrómetro¹⁹⁵.

En la literatura de las últimas décadas, se destacan recomendaciones y advertencias acerca de biocidas y su toxicidad, y aunque diferentes materiales requieren numerosas consideraciones y compuestos biocidas y de control distintos, tal y como se ha expuesto en el apartado 6, se deben conocer los comúnmente utilizados. Entre los revisados, se pueden mencionar el óxido de etileno, bromuro de metilo, timol, fluoruro sulfuro (también conocido como Vikane®), formaldeído o fosfinas¹⁹⁶, todos ellos compuestos no recomendados por su alto índice de toxicidad.

Los productos biocidas pueden aplicarse mediante brocha, pincel; rociado; inyección; gases (fumigación); polvos dispersables¹⁹⁷; o compresa, para eliminar, por ejemplo, incrustaciones líquénicas¹⁹⁸. Los principales productos químicos activos y con posibilidad de empleo actual se pueden dividir en los siguientes grupos: **agentes oxidantes** (compuestos de mercurio y estaño, que actúa como excelente biocida contra las algas y líquenes, y sobre madera¹⁹⁹), **aldehídos, alcoholes, compuestos fenólicos** (como el propio fenol, pentaclorofenol o p-cloro m-cresol, que diluido en alcohol puede aplicarse sobre óleo y témperas, siendo eficaz también como biocida rociado sobre libros y bibliotecas²⁰⁰), **isotiazolinonas, ácidos orgánicos e inorgánicos** (como el ácido bórico), **compuestos de fosfonio cuaternario y compuestos de amonio cuaternario** (buenos bactericidas, fungicidas y alguicidas, con acción también

¹⁹¹ Lynda Hillyer y Valerie Blyth, *Carpet Beetle—a Pilot Study in Detection and Control*. En: Caple, *Op. cit.*, p. 204.

¹⁹² Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 192.

¹⁹³ Rodrigo, *Op. cit.*, 193

¹⁹⁴ El País, «Ultrasonidos para proteger a Rafael de las palomas», EL PAÍS, 7 de junio de 2021, <https://elpais.com/cultura/2021-06-07/ultrasonidos-para-proteger-a-rafael-de-las-palomas.html>.

¹⁹⁵ Callol, Rodrigo, y Carbó, *Op. cit.*, p. 246.

¹⁹⁶ Callol, Rodrigo, y Carbó, *Op. cit.*, p. 243-46.

¹⁹⁷ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 196.

¹⁹⁸ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 183.

¹⁹⁹ *Íbid.*, p. 187.

²⁰⁰ *Íbid.*, p. 189.

detergente, aunque no matan las esporas²⁰¹)²⁰². Cabe destacar el extendido uso de **piretrinas**, muy eficaces, pero con problemas de estabilidad y toxicidad ambiental²⁰³.

Métodos de exterminación por la evacuación de los propios organismos, en general insectos, se reducen a la instalación de trampas de feromonas que, mediante el reclamo sexual, permiten la salida al exterior de la pieza²⁰⁴. También existen trampas adhesivas para la monitorización general del estado de la estancia²⁰⁵.

Finalmente, para la eficacia real de tratamientos biocidas y su prevención, se debe establecer un protocolo de seguimiento para mantener los resultados obtenidos a partir del tratamiento exterminativo. Es importante la revisión y registro de datos referentes al cuidado especial de piezas, por sus características intrínsecas o especificaciones relativas a los cambios matéricos producidos por el tratamiento biocida. Para el almacenamiento o exposición de la pieza se deben considerar métodos favorables para el equilibrio de la obra, así como la prevención de nuevos ataques. Para esto es interesante mencionar el uso de vitrinas, bien herméticas, y con la consideración de la creación de un microclima propio, así como para el control de factores como el particulado ambiental, protección lumínica o la entrada de organismos²⁰⁶. Cuando la pieza no se introduce en vitrina, se destaca la mejora de la calidad del aire, mediante la eliminación de bacterias y hongos atmosféricos a través de la introducción de la difusión de aceites esenciales como el del árbol de té y de tomillo²⁰⁷.

8. DISEÑO DE PLAN ESTRATÉGICO Y ORDEN DE TOMA DE DECISIONES

8.1. CONSIDERACIONES INTRÍNSECAS A LA OBRA TRATADA

Para una evaluación cualitativa correcta y la toma de decisiones sobre la intervención de una pieza específica en relación con el biodeterioro, en primer lugar, y para establecer un modelo considerativo adecuado, se deben detectar y localizar los daños, así como su tipología y el estudio de su incidencia, gravedad y organismo atacante. Una vez se determina el estado de los daños, cabe evaluar la situación, estableciendo la necesidad de tratamiento y el

²⁰¹ *Ibid.*, p. 190.

²⁰² Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, pp. 198-201.

²⁰³ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 194; Rodrigo, *Op. cit.*, p. 193.

²⁰⁴ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 200.

²⁰⁵ Rodrigo, *Op. cit.*, p. 193.

²⁰⁶ Fernández, *Op. cit.*, p. 172-77.

²⁰⁷ Julia Díaz Alonso, «Evaluación de un sistema de difusión de aceites esenciales para la mejora de la calidad del aire en espacios patrimoniales», *Riunet*, (Trabajo fin de máster, Universidad Politécnica de Valencia, 28 de septiembre de 2020), <https://riunet.upv.es/handle/10251/150819>.

impacto cuantitativo sobre la pieza artística. Determinar la causa de la aparición biológica es un paso importante de recopilación informativa y el primer paso para la elaboración de un protocolo de prevención eficaz; la causa puede ser única o múltiple, tratarse de una pista falsa o presentarse como un problema insoluble en el medio determinado, también puede tratarse de un problema sin resolver, cuyos organismos ya han desaparecido. Todas estas posibilidades encauzan la construcción del sistema considerativo.

La eliminación sin alterar el medio original debe realizarse antes de tomar la decisión de utilización biocida, en el caso de su empleo, la primer consideración reside en la eficacia del tratamiento hipotético, evaluando sus potenciales consecuencia negativas, sobre la propia pieza, operador, ambiente y mantenimiento posterior. Antes de la aplicación sobre materia original también se debe estimar el efecto de intervenciones previas si las hubiera y añadir los materiales conservativos añadidos o tratamientos estructurales o físicos como una consideración. Una vez el mejor método alberga suficiente compatibilidad con la situación de la obra, se debe establecer un plan de prevención del biodeterioro, además de clarificar si la adición del biocida a la obra cambia sus propiedades para ajustar las medidas de conservación preventiva posteriores a la intervención²⁰⁸. También es posible, conociendo la composición matérica de las piezas y el tipo de contaminación presente, realizar ensayos de resistencia en laboratorio y asegurar la eficacia²⁰⁹. Todo esto mejorará la perspectiva electiva y resultará en una ruta de actuación adecuada, meditada y en favor del material artístico, dando paso así a la reflexión sobre el mantenimiento de la pieza, y establecimiento de una rutina de cuidados/revisiones periódicas, la naturaleza de los mismos y la frecuencia de aplicación.

8.2. CONSIDERACIONES EXTRÍNSECAS A LA OBRA TRATADA

El espacio en el que habita la pieza artística determina la sobrevivencia al biodeterioro de sus materiales, por lo que, además de evaluar la actividad relativa a la obra, es imprescindible completar la inspección para la conservación de la obra con la valuación del espacio contenedor.

En primer lugar, se analizan las condiciones y características del edificio; las condiciones y características del ambiente y los espacios interiores, como salas almacenes, espacios contiguos o cercanos; para por último enfocar el análisis de condiciones, características y estado de las propias colecciones²¹⁰. Esta observación jerarquizada permitirá la división de monitorización y limpieza de los elementos arquitectónicos correspondientes. Atención especializada y concentrada es requerida en las siguientes categorías: la limpieza de espacios generales, cumplimiento de normas y revisiones, limpiezas y aspiración rutinarias y correcta distribución y sustitución de trampas; la limpieza de los

²⁰⁸ Caneva, Nugari, y Salvadori, *Op. cit.*, p. 166; Valgañón, *Op. cit.*, p. 224.

²⁰⁹ Allsopp, Seal, y Gaylarde, *Op. cit.*, p. 160-61.

²¹⁰ Callol, Rodrigo, y Carbó, *Op. cit.*, p. 268.

propios objetos y piezas, así como los espacios debajo o detrás del mobiliario expositivo; y la seguridad y mantenimiento del propio edificio y su protección²¹¹.

Por último y con esta inspección completada, corresponde la implementación de la “gestión analítica normalizada”, que se traduce en la introducción del programa específico “IPM”, Integrated Pest Management, estrategia de actuación frente al control de plagas, que obliga a reconocer las prioridades y adaptarlas, para posibilitar protocolos válidos, así como de ampliación futura²¹². La gestión integral de plagas pretende en primer lugar, la instauración de sistemas y protocolos que bloqueen la aparición de plagas; y si fuera posible su introducción, prevenirlas; y si se detectan, identificarlas; para después, evaluar críticamente el problema de aparición, para el cual se requiere una inspección sistemática establecida desde el principio, y que albergará así, el registro ordenado de resultados e historial de tratamiento y movimientos. La consistencia de la toma de datos es esencial para determinar las tendencias dentro del espacio, y poder apuntar el problema de biointroducción detectado, así como para identificar partes de riesgo específicas de la obra y estancia. Por último, esta propia estrategia debe revisarse periódicamente y ser sometida a evaluaciones de utilidad y cambios si fueran necesarios.

9. PROPUESTA DE MODELO DE ACTUACIÓN ADAPTADO A OBRAS CONTEMPORÁNEAS POLIMATÉRICAS

La identificación considerativa de los objetivos conservativos de la obra y sus características intrínsecas y extrínsecas sirve para la construcción de un camino hacia la toma de decisiones informada y adecuada, sin embargo, la especificación del uso de materiales contemporáneos requiere de una diferenciación de acción, enfocándose en los materiales constitutivos y el efecto de su presencia e interacción conjunta. Para ello, se ha elaborado un modelo de toma de decisiones sobre obra contemporáneas compuestas por diversos materiales y susceptibles o ya biodeterioradas (ilustración 2).

²¹¹ Hillyer y Blyth, *Op. cit.*, En: Caple, *Op. cit.*, p. 212.

²¹² David Pinniger, Peter Winsor, *Integrated Pest Management*. En: Caple, *Op. cit.*, pp. 170-71.

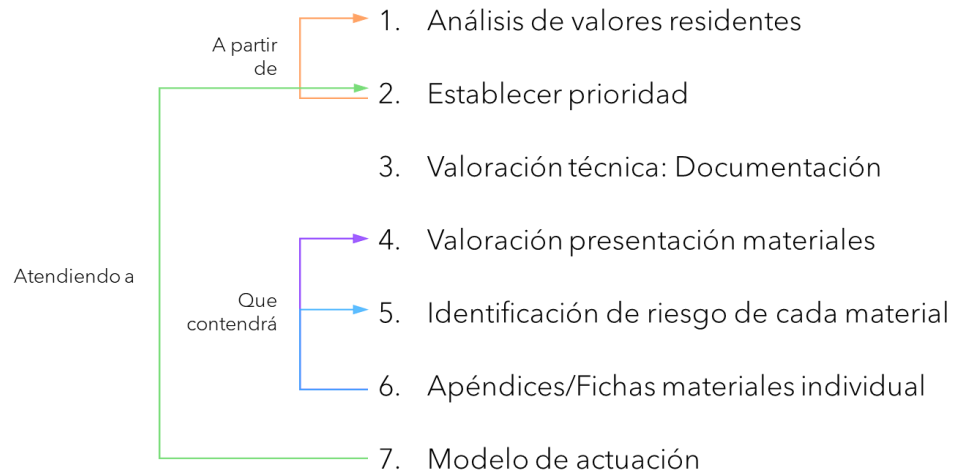


Ilustración 2. Modelo de actuación sobre obras contemporáneas multimatéricas con relación al biodeterioro.

La primera reflexión reside en la comprensión del valor simbólico de la pieza a tratar. El análisis de los valores residentes es esencial, no sólo para la actuación frente al biodeterioro sino para cualquier intervención o tratamiento sobre obra contemporánea. Así, se deben ordenar valores de materialidad, autenticidad, historicidad, estéticos, de inversión o de iconicidad; y determinar su presencia sobre los materiales componentes. Esta es la única forma de asumir una visión certera de la simbología artística y de establecer una lectura informada de la pieza. Con los valores identificados, se precisa establecer el o los prioritarios, determinación que dirige la consideración y perspectiva de la obra.

A continuación, se debe valorar el estado, características, composición y posición en la obra de cada material, para ello es imprescindible la documentación y la medición de factores como la colocación, la relación entre materiales y la relación entre esa colocación y los propios materiales. Con este desglose inicial de materiales, se evalúa el estado de conservación, tratamiento artístico y presentación de los materiales. A partir de este último paso, se podrán identificar riesgos sobre cada material por separado, con relación a los demás y evaluar si hay materiales que supondrían un factor de contaminación o no respecto al resto.

Como escalón posterior, se propone la creación de apéndices o fichas individuales con las características de la obra y posibles afectaciones según las circunstancias únicas de la pieza, espacio y localización habitual (si se encuentra en almacén, exposición; si ha sido o es transportada a menudo; estado deteriorado o no; deterioro reciente o acumulativo, etc.). Estas fichas aportan información sobre la composición de cada material individual en detalle; su estado de conservación; su posición en la obra; la interacción con los demás materiales y la relación de equilibrio que existe; si posa un posible riesgo para la conservación correcta de otros materiales; la tipología biológica capaz de deteriorar dicho material; así como un historial detallado de tratamientos restaurativos y/o aplicación de biocidas. Por último, se contemplan consideraciones especiales de conservación preventiva, bien

requeridas para prolongar la vida del material en general o bien con respecto a aplicación de tratamientos o productos biocidas anteriores.

Finalmente, y cuando es tiempo de actuar sobre la obra, toda la información recopilada durante el proceso decisivo sirve para establecer una trayectoria interventiva segura. Con el aspecto material bajo control y el conocimiento del comportamiento técnico del conjunto, se atiende a los valores prioritarios ya establecidos para conseguir un equilibrio sostenible de todos los materiales.

10. CONCLUSIONES

La premisa de conservación preventiva sobre obras de confección contemporánea presenta sin duda complejas rutas de toma de decisiones y consideraciones relativas a valores frecuentemente desestimados en intervenciones o valoración artística tradicional. El impacto biológico, sin embargo, no presenta una diferencia en frecuencia e incidencia a pesar del cambio matérico. La propuesta de conservación preventiva expuesta, se formula a raíz del estudio de materiales importantes y comunes en la práctica artística del último siglo y contemporánea, con el cual se consigue priorizar la materia de estudio, pudiéndose concretar la problemática de cada elemento estudiado. A través de la información recopilada se consigue ordenar el planteamiento de conservación preventiva en los casos específicos de obras polimatéricas afectadas por el biodeterioro, así como establecer la conciencia sobre la vulnerabilidad de numerosos y diversos materiales, cuya concepción no siempre abarca la posibilidad del ataque biológico. Mediante el estudio de incidencia matérica, se consigue una familiarización con las especies más comunes y establecer la gran variedad biológica observada sobre obras artísticas, solidificando la importancia del estudio previo e identificación taxonómica de las especies atacantes para poder actuar sobre contenido patrimonial, y tomar así la decisión correcta y ajustada a la tipología biológica existente.

Como aportación más relevante se destaca la confección de un modelo propio de conducta frente a la prevención del biodeterioro y premisas a seguir con respecto a la gestión de obras polimatéricas, que permite evaluar la situación de obras polimatéricas desde la conservación preventiva y recopilar factores de riesgo y soluciones al biodeterioro sobre soportes concretos. La estructura del trabajo plantea ya un modelo de evaluación crítica del biodeterioro sobre materiales artísticos, debiendo conocer su razón existente en la obra, características técnicas y comportamiento frente a otros materiales y respuesta a tratamientos específicos. Asimismo, el establecimiento de un esquema de actuación y consideraciones individuales de cada material constituye el resultado del estudio de incidencia biológica realizado, aportando los recursos necesarios para la implementación práctica de sistemas de prevención, control, mantenimiento y curación.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alberto Burri: La abstracción y la genialidad – Trianarts. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 2 mayo 2021]. Disponible en: <https://trianarts.com/alberto-burri-la-abstraccion-y-la-genialidad/>.
- ALLSOPP, Dennis, SEAL, Kenneth J. y GAYLARDE, Christine C., 2008. *Introducción al biodeterioro*. Zaragoza: Acribia. ISBN 978-84-200-1112-7.
- ALTHÖFER, Heinz y SCHINZEL, Hiltrud, 2003. *Restauración de pintura contemporánea: tendencias, materiales, técnica*. Madrid: Istmo. Conservación y restauración 1. ISBN 84-7090-423-X.
- AMOBONYE, Ayodeji, BHAGWAT, Prashant, SINGH, Suren y PILLAI, Santhosh, 2021. Plastic biodegradation: Frontline microbes and their enzymes. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 759. [Consulta: 1 julio 2021]. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.143536. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720370674>.
- AREFIAN, Mojgan, TAHMOURESPOUR, Arezoo y ZIA, Mohammadali, 2020. Polycarbonate biodegradation by newly isolated Bacillus strains. *Archives of Environmental Protection* [en línea], vol. Vol. 46, no. 1. [Consulta: 1 julio 2021]. ISSN 2083-4772. DOI 10.24425/aep.2020.132521. Disponible en: <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-5194bac6-b999-4619-b057-a5b6f20ba3ca>.
- Ascomycota. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/ascos.htm>.
- Bacterias nitrificantes (bacterias oxidantes de amonio –AOB-, y bacterias oxidantes de nitritos –NOB-): Cuantificación por PCR en tiempo real. - IVAMI. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://www.ivami.com/es/microbiologia-de-abonos-y-fertilizantes/2316-bacterias-nitrificantes-bacterias-oxidantes-de-amonio-aob-y-bacterias-oxidantes-de-nitritos-nob-cuantificacion-por-pcr-en-tiempo-real>.
- Bacterias productoras de H₂S (reductoras de sulfato, reductoras de sulfito, reductoras de azufre, y otras moléculas con azufre) - Cultivo cualitativo y cuantitativo; Identificación molecular (PCR y secuenciación).. - IVAMI. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://www.ivami.com/es/microbiologia-de-alimentos/5444-bacterias-productoras-de-h2s-reductoras-de-sulfato-reductoras-de-sulfito-reductoras-de-azufre-y-otras-moleculas-con-azufre-cultivo-cualitativo-y-cuantitativo-e-identificacion-molecular>.
- Basidiomycota. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/basidis.htm>.

- BELLIDO MÁRQUEZ, María del Carmen, 2015. Evolución material, técnica y conceptual en las obras de Arte Contemporáneo. *Opción* [en línea], vol. 31, no. 6, pp. 107-127. [Consulta: 10 mayo 2021]. ISSN 1012-1587. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31045571007>. Redalyc
- BONIEK, D., BONADIO, L., ABREU, C. Santos de, SANTOS, A. F. B. dos y STOIANOFF, M. A. de Resende, 2018. Fungal bioprospecting and antifungal treatment on a deteriorated Brazilian contemporary painting. *Letters in Applied Microbiology* [en línea], vol. 67, no. 4, pp. 337-342. [Consulta: 6 julio 2021]. ISSN 1472-765X. DOI 10.1111/lam.13054. Disponible en: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/lam.13054>.
- CALLOL, Milagros Vaillant, RODRIGO, Nieves Valentín y CARBÓ, María Teresa Doménech, 2003. *Una mirada hacia la conservación preventiva del patrimonio cultural*, València: Universitat Politècnica de València. ISBN 978-84-9705-420-1.
- CANEVA, Giulia., NUGARI, M.P. y SALVADORI, Ornella., 2000. *La biología en la restauración*. Hondarribia; Sevilla: Nerea. Arte y restauración 5. ISBN 84-89569-48-7.
- CAPLE, Chris, 2011. *Preventive Conservation in Museums*. London; New York: Routledge. ISBN 978-0-415-57970-4.
- CAPPITELLI, Francesca, PRINCIPI, Pamela y SORLINI, Claudia, 2006. Biodeterioration of modern materials in contemporary collections: can biotechnology help? *Trends in Biotechnology*, vol. 24, no. 8, pp. 350-354. [Consulta: 6 junio 2021] ISSN 0167-7799. DOI 10.1016/j.tibtech.2006.06.001. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167779906001338>
- CAPPITELLI, Francesca, VICINI, Silvia, PIAGGIO, Paolo, ABBRUSCATO, Pamela, PRINCI, Elisabetta, CASADEVALL, Arturo, NOSANCHUK, Joshua D. y ZANARDINI, Elisabetta, 2005. Investigation of fungal deterioration of synthetic paint binders using vibrational spectroscopic techniques. *Macromolecular Bioscience* [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 49-57. [Consulta: 1 julio 2021] ISSN 1616-5187. DOI 10.1002/mabi.200400134. Disponible en: <https://einstein.pure.elsevier.com/en/publications/investigation-of-fungal-deterioration-of-synthetic-paint-binders--2>.
- CHAUDHARY, Ashutosh Kr y VIJAYAKUMAR, R.P., 2020. Studies on biological degradation of polystyrene by pure fungal cultures. *Environment, Development and Sustainability* [en línea], vol. 22, no. 5, pp. 4495-4508. [Consulta: 1 julio 2021]. ISSN 1573-2975. DOI 10.1007/s10668-019-00394-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00394-5>.

- CORREA CUEVAS, Laura Paloma y HERNÁNDEZ BALTAZAR, Efrén, 2011. El uso de las microondas en la industria farmacéutica. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas* [en línea], vol. 42, no. 4, pp. 6-25. [Consulta: 4 julio 2021]. ISSN 1870-0195. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1870-01952011000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- COSTAIN, Charlie. Framework for Preservation of Museum Collections. En: CAPLE, Chris, 2011. *Preventive Conservation in Museums*. London; New York: Routledge. ISBN 978-0-415-57970-4.
- DÍAZ ALONSO, Julia, 2020. *Evaluación de un sistema de difusión de aceites esenciales para la mejora de la calidad del aire en espacios patrimoniales* [en línea]. Trabajo fin de máster. València: Universitat Politècnica de València [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/150819>.
- EDITORIAL, 2019. Clasificación de las plantas. *Botanical-online* [en línea]. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: <https://www.botanical-online.com/botanica/clasificacion-botanica-plantas>.
- Enzimas. Aspectos generales. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 6 junio 2021]. Disponible en: <http://www.ehu.es/biomoleculas/enzimas/enz1.htm#a>.
- ERHARDT, W. David y MECKLENBURG, Marion F., 1994. Relative Humidity Re-examined. En: CAPLE, C., 2011. *Preventive Conservation in Museums*. London; New York: Routledge. ISBN 978-0-415-57970-4.
- Factores condicionantes para el desarrollo de los hongos. *Suconel | Tienda electrónica | Colombia* [en línea], 2013. [Consulta: 1 julio 2021]. Disponible en: <https://suconel.com/2013/11/11/factores-condicionantes-para-el-desarrollo-de-los-hongos/>.
- FALKIEWICZ-DULIK, Michalina., JANDA, Katarzyna. y WYPYCH, George, 2015. *Handbook of Material Biodegradation, Biodeterioration, and Biostabilization*. 2nd ed. Scarborough: ChemTec Publishing. ISBN 978-1-927885-02-4.
- FARZI, Ali, DEHNAD, Alireza y FOTOUHI, Afsaneh F., 2019. Biodegradation of polyethylene terephthalate waste using *Streptomyces* species and kinetic modeling of the process. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* [en línea], vol. 17, pp. 25-31. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 1878-8181. DOI 10.1016/j.bcab.2018.11.002. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818118306613>.
- FERNÁNDEZ, Isabel María García, 2013. *La conservación preventiva de bienes culturales*. Madrid: Alianza Editorial. ISBN 978-84-206-7865-8.
- FERNÁNDEZ, Mariano José Gacto y SÁNCHEZ, Marina Gacto, 2011. Los microorganismos y el arte. *Anales de biología* [en línea], no. 33, pp. 107-

115. [Consulta: 6 junio 2021]. ISSN 1138-3399, 1989-2128. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3929031>.
- FERRANDIN-SCHOFFEL, Nathan, MARTINEAU-CORCOS, Charlotte, PIOVESAN, Camille, PARIS-LACOMBE, Sabrina, FICHET, Odile y DUPONT, Anne-Laurence, 2021. Stability of lignocellulosic papers strengthened and deacidified with aminoalkylalkoxysilanes. *Polymer Degradation and Stability* [en línea], vol. 183. [Consulta: 4 julio 2021]. ISSN 0141-3910. DOI 10.1016/j.polyimdegradstab.2020.109413. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141391020303426>.
- GAJENDIRAN, Anudurga, KRISHNAMOORTHY, Sharmila y ABRAHAM, Jayanthi, 2016. Microbial degradation of low-density polyethylene (LDPE) by *Aspergillus clavatus* strain JASK1 isolated from landfill soil. *3 Biotech* [en línea], vol. 6, no. 1. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 2190-5738. DOI 10.1007/s13205-016-0394-x. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0394-x>.
- GARCÉS TOLEDANO, Fernando, 1979. *Alteraciones del DNA irradiado con luz ultravioleta*. [en línea]. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, [Consulta: 20 junio 2021]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/53375/>.
- GETTENS, Rutherford John y STOUT, George Leslie, 1966. *Painting Materials: A Short Encyclopaedia*. Nueva York: Dover Publications. ISBN 978-0-486-21597-6.
- GHUYSEN, J.M. y HAKENBECK, R., 1994. *Bacterial cell wall*. Amsterdam; New York: Elsevier. ISBN 978-0-444-88094-9.
- GOMBRICH, Ernst Hans, 1997. *La historia del arte*. Madrid: Debate. ISBN 84-8306-044-2.
- GÓMEZ-MÉNDEZ, Luis D., MORENO-BAYONA, Diana A., POUTOU-PIÑALES, Raúl A., SALCEDO-REYES, Juan C., PEDROZA-RODRÍGUEZ, Aura M., VARGAS, Andrés y BOGOYA, Johan M., 2018. Biodeterioration of plasma pretreated LDPE sheets by *Pleurotus ostreatus*. *PLOS ONE* [en línea], vol. 13, no. 9. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/journal.pone.0203786. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0203786>.
- GONZÁLEZ, Joan Miquel, 2008. Diversidad microbiana y biodeterioro en la conservación del patrimonio. En: *La ciencia y el arte: ciencias experimentales y conservación del Patrimonio Histórico*, Vol. 1, págs. 183-189. Ministerio de Cultura. ISBN 978-84-8181-359-3.
- GUASCH, Anna María, 2000. *El arte último del siglo XX. Del posminimalismo a lo multicultural*. Madrid: Alianza. Alianza forma 145. ISBN 84-206-4445-5.

- GUASCH, Anna María, 2012. *La crítica discrepante: entrevistas sobre arte y pensamiento actual (2000-2011)*. Madrid: Cátedra. Ensayos arte Cátedra. ISBN 978-84-376-3066-3.
- GUASCH, Anna María, 2013. *Arte y archivo, 1920-2010: genealogías, tipologías y discontinuidades* [en línea], [Consulta: 8 julio 2021]. Madrid: Ediciones Akal. ISBN 978-84-460-3814-6. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/upv/titulos/49665>.
- GUPTA, Kartikey Kumar y DEVI, Deepa, 2020. Characteristics investigation on biofilm formation and biodegradation activities of *Pseudomonas aeruginosa* strain ISJ14 colonizing low density polyethylene (LDPE) surface. *Heliyon* [en línea], vol. 6, no. 7. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 2405-8440. DOI 10.1016/j.heliyon.2020.e04398. Disponible en: [https://www.cell.com/heliyon/abstract/S2405-8440\(20\)31242-1](https://www.cell.com/heliyon/abstract/S2405-8440(20)31242-1).
- GUTIÉRREZ-ROJAS, Ivonne, MORENO-SARMIENTO, Nubia y MONTOYA, Dolly, 2015. Mecanismos y regulación de la hidrólisis enzimática de celulosa en hongos filamentosos: casos clásicos y nuevos modelos. *Revista Iberoamericana de Micología* [en línea], vol. 32, no. 1, pp. 1-12. [Consulta: 4 julio 2021]. ISSN 1130-1406. DOI 10.1016/j.riam.2013.10.009. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-micologia-290-articulo-mecanismos-regulacion-hidrolisis-enzimatica-celulosa-S1130140614000138>.
- HAWKSWORTH, David L., ITURRIAGA, Teresa y CRESPO, Ana, 2005. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología* [en línea], vol. 22, no. 2, pp. 71-82. [Consulta: 6 junio 2021]. ISSN 11301406. DOI 10.1016/S1130-1406(05)70013-9. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1130140605700139>.
- HILLYER, Lynda y BLYTH, Valerie, 1992. Carpet Beetle—a Pilot Study in Detection and Control. *The Conservator*. En: CAPLE, C., 2011. *Preventive Conservation in Museums*. London; New York: Routledge. ISBN 978-0-415-57970-4.
- HUECK, H.J., 1965. The biodeterioration of materials as a part of hylobiology. *Material und Organismen (Duncker & Humblot, Berlin)* [en línea], [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:cd2e06b7-2a61-4685-96b9-08a490c6e2c0>.
- JEON, Hyun Jeong y KIM, Mal Nam, 2016. Isolation of mesophilic bacterium for biodegradation of polypropylene. *International Biodeterioration & Biodegradation* [en línea], vol. 115, pp. 244-249. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 0964-8305. DOI 10.1016/j.ibiod.2016.08.025. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830516303146>.

- JEYAKUMAR, D., CHIRSTEEN, J. y DOBLE, Mukesh, 2013. Synergistic effects of pretreatment and blending on fungi mediated biodegradation of polypropylenes. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 148, pp. 78-85. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 0960-8524. DOI 10.1016/j.biortech.2013.08.074. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852413013047>.
- LLAMAS-PACHECO, Rosario, febrero 2012. Estudio técnico y estadístico sobre los soportes derivados de la madera utilizados en el arte contemporáneo. *Restauración de Arte Contemporáneo*. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía [en línea], [Consulta: 1 junio 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/40479184/Estudio_t%C3%A9cnico_y_estad%C3%ADstico_sobre_los_soportes_derivados_de_la_madera_utilizados_en_el_arte_contempor%C3%A1neo.
- LLAMAS PACHECO, Rosario, 2014. *Arte contemporáneo y restauración: O cómo investigar entre lo material, lo esencial y lo simbólico*. Madrid: Tecnos. ISBN 978-84-309-6140-5.
- LORA-VILCHIS, M.C., LÓPEZ FUERTE, F.O. y PÉREZ ROJAS, C.A., 2020. Algas de Cristal; diatomeas. *Recursos Naturales y Sociedad* [en línea], vol. Vol. 6 (1), pp. 25-42. [Consulta: 1 julio 2021] ISSN 2448-7406. DOI 10.18846/renaysoc.2020.06.06.01.0003. Disponible en: <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/1960>.
- Los hongos verdaderos. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/fungi.htm>.
- Luz. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 6 junio 2021]. Disponible en: <https://biogeografia.net/factores2.html>.
- MAIQUES, Aitana Valderrama, 2017. Tècniques de cultius aplicades a la conservació- restauració en cas d'atac fúngic sobre peces a intervenir. *UNICUM* [en línea], no. 16, pp. 87-98. [Consulta: 4 julio 2021]. ISSN 2462-3326. Disponible en: <https://raco.cat/index.php/UNICUM/article/view/332758>.
- MALLO, Andrea Cecilia, NITIU, Daniela Silvana, ELÍADES, Lorena Alejandra y SAPARRAT, Mario Carlos Nazareno, 2017. Deterioro de material celulósico de interés patrimonial por la actividad de hongos ambientales: estado del arte. *V Congreso Iberoamericano y XIII Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio (COBREICOPA) (La Plata, 2017)* [en línea], [Consulta: 4 julio 2021]. ISBN 978-987-3838-07-1. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/65597>.
- MANFREDI, Livio, C. SAVIO, Ana, V. LEGUIZAMÓN, Natalia y F. VILLALBA, Gaston, [sin fecha]. *BIOTRATAMIENTO ANTIFUNGICO DE MADERAS*. Escuela Técnica N° 12 (Modalidad Maestro Mayor de Obras-MMO) [en línea], [Consulta: 8 julio 2021]. LCVE / Guías de Trabajos Prácticos

- Científicos. Santiago del Estero, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva Presidencia de la Nación. Los científicos van a la escuela. Disponible en: http://lcve.mincyt.gov.ar/downloads/Santiago_del_Estero_TPC2016_par2.pdf.
- MATIAS, 2013. Clasificación de los polímeros. [en línea]. [Consulta: 7 julio 2021]. Disponible en: <https://www.textoscientificos.com/polimeros/clasificacion>.
- MENESES, Silvia Marcela Ospina y VALENZUELA, José Régulo Cartagena, 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación* [en línea], Antioquia, Colombia, vol. 5, núm. 2, pp. 112-123. [Consulta: 8 julio 2021] ISSN 1794-4449. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/695502.pdf>.
- MICHALSKI, Stefan, Relative Humidity: Correct/Incorrect Values. En: CAPLE, C., 2011. *Preventive Conservation in Museums*. London; New York: Routledge. ISBN 978-0-415-57970-4.
- MORERA, Carlota Santabárbara, 2016. Heinz Althöfer, el inicio de la teoría de la restauración del arte contemporáneo. *erph_: revista electrónica de patrimonio histórico* [en línea], no. 18, pp. 52-69. [Consulta: 1 julio 2021]. ISSN 1988-7213. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5576612>.
- MUHONJA, Christabel Ndahebwa, MAKONDE, Huxley, MAGOMA, Gabriel y IMBUGA, Mabel, 2018. Biodegradability of polyethylene by bacteria and fungi from Dandora dumpsite Nairobi-Kenya. *PLOS ONE* [en línea], vol. 13, no. 7. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/journal.pone.0198446. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0198446>.
- NEGORO, S., 2000. Biodegradation of nylon oligomers. *Applied Microbiology and Biotechnology* [en línea], vol. 54, no. 4, pp. 461-466. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 1432-0614. DOI 10.1007/s002530000434. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s002530000434>.
- NOVOTNÝ, Čeněk, MALACHOVÁ, Kateřina, ADAMUS, Grażyna, KWIECIEŃ, Michał, LOTTI, Nadia, SOCCIO, Michelina, VERNEY, Vincent y FAVA, Fabio, 2018. Deterioration of irradiation/high-temperature pretreated, linear low-density polyethylene (LLDPE) by *Bacillus amyloliquefaciens*. *International Biodeterioration & Biodegradation* [en línea], vol. 132, pp. 259-267. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 0964-8305. DOI 10.1016/j.ibiod.2018.04.014. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830517311708>.

- OSMAN, Muhammad, SATTI, Sadia Mehmood, LUQMAN, Aaisha, HASAN, Fariha, SHAH, Ziaullah y SHAH, Aamer Ali, 2018. Degradation of Polyester Polyurethane by *Aspergillus* sp. Strain S45 Isolated from Soil. *Journal of Polymers and the Environment* [en línea], vol. 26, no. 1, pp. 301-310. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 1572-8900. DOI 10.1007/s10924-017-0954-0. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10924-017-0954-0>.
- PAÍS, El, 2021. Ultrasonidos para proteger a Rafael de las palomas. *EL PAÍS* [en línea]. [Consulta: 7 junio 2021]. Disponible en: <https://elpais.com/cultura/2021-06-07/ultrasonidos-para-proteger-a-rafael-de-las-palomas.html>.
- PEKHTASHEVA, Elena L. y ZAIKOV, G.E., 2014. - PROTECTION OF SYNTHETIC POLYMERS FROM BIODEGRADATION. *Key Engineering Materials, Volume 2*. Apple Academic Press, ISBN 978-0-429-17243-4.
- PENG, Bo-Yu, LI, Yiran, FAN, Rui, CHEN, Zhibin, CHEN, Jiabin, BRANDON, Anja M., CRIDDLE, Craig S., ZHANG, Yalei y WU, Wei-Min, 2020. Biodegradation of low-density polyethylene and polystyrene in superworms, larvae of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad and limited extent depolymerization. *Environmental Pollution* [en línea], vol. 266. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 0269-7491. DOI 10.1016/j.envpol.2020.115206. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749120312999>.
- PERIS VICENTE, Juan, 2007. *Estudio analítico de materiales empleados en barnices, aglutinantes y consolidantes en obras de arte mediante métodos cromatográficos y espectrométricos* [en línea]. Tesis doctoral. València: Universitat de València [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://roderic.uv.es/handle/10550/15821>.
- PINNIGER, David y WINSOR, Peter, Integrated pest management. En: CAPLE, C., 2011. *Preventive Conservation in Museums*. London; New York: Routledge. ISBN 978-0-415-57970-4.
- Polímero. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 7 julio 2021]. Disponible en: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Pol%C3%ADmero.html>.
- POYATOS, Fernando, MORALES, Fátima, NICHOLSON, Allen W. y GIORDANO, Antonio, 2018. Physiology of biodeterioration on canvas paintings. *Journal of Cellular Physiology* [en línea], vol. 233, no. 4, pp. 2741-2751. [Consulta: 3 julio 2021] ISSN 1097-4652. DOI 10.1002/jcp.26088.
- Relaciones carbono-nitrógeno en fertilización de estanques y sistemas de biofloc «Global Aquaculture Advocate. *Global Aquaculture Alliance* [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/relaciones-carbono-nitrogeno-en-fertilizacion-de-estanques-y-sistemas-de-biofloc/>.

- RODRIGO, Nieves Valentín, 2008. Biodeterioro de los bienes culturales: Materiales orgánicos. En: *La ciencia y el arte: ciencias experimentales y conservación del Patrimonio Histórico*, Vol. 1, págs. 190-197. Ministerio de Cultura. ISBN 978-84-8181-359-3.
- SANTO, Miriam, WEITSMAN, Ronen y SIVAN, Alex, 2013. The role of the copper-binding enzyme – laccase – in the biodegradation of polyethylene by the actinomycete *Rhodococcus ruber*. *International Biodeterioration & Biodegradation* [en línea], vol. 84, pp. 204-210. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 0964-8305. DOI 10.1016/j.ibiod.2012.03.001. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830512000637>.
- SERNA, Rivera y CAMILA, María, 2015. El papel de los microorganismos en el biodeterioro y la conservación de materiales de construcción - metales y concreto, *Universidad de los Andes* [en línea], [Consulta: 6 julio 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/18286>.
- SHIMAO, Masayuki, 2001. Biodegradation of plastics. *Current Opinion in Biotechnology* [en línea], vol. 12, no. 3, pp. 242-247. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 0958-1669. DOI 10.1016/S0958-1669(00)00206-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958166900002068>.
- SHIRLEY HUANCA ASILLO, 01:58:49 UTC. Efecto de celulosas modificadas y pectinas sobre la masa panaria. [en línea], [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/shirleyhuancaasillo/efecto-de-celulosas-modificadas-y-pectinas-sobre-la-masa-panaria>.
- SUMATHI, Tirupati, VISWANATH, Buddolla, SRI LAKSHMI, Akula y SAIGOPAL, D. V. R, 2016. Production of Laccase by *Cochliobolus* sp. Isolated from Plastic Dumped Soils and Their Ability to Degrade Low Molecular Weight PVC. *Biochemistry Research International* [en línea], vol. 2016. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 2090-2247. DOI 10.1155/2016/9519527. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/bri/2016/9519527/>.
- SUREDA PONS, Joan y GUASCH, Anna María, 1987. *La trama de lo moderno*. Madrid: Akal. Akal arte y estética 14. ISBN 84-7600-220-3.
- TEIXEIRA, Morera y CRISTINA, Joana, 2009. *La creación contemporánea además de la materialidad. Los artistas y los límites en la conservación y restauración de arte contemporáneo* [en línea]. Tesis doctoral. València: Universitat Politècnica de València. [Consulta: 6 junio 2021]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/6301>.
- Temperature and Relative Humidity | Development Services. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 1 julio 2021]. Disponible en: <https://manual.museum.wa.gov.au/temperature-and-relative-humidity>.

- USMAN, Mohammed Awwalu, MOMOHJIMOH, Ibrahim y USMAN, Abdulhafiz Onimisi, 2020. Mechanical, physical and biodegradability performances of treated and untreated groundnut shell powder recycled polypropylene composites. *Materials Research Express* [en línea], vol. 7, no. 3. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 2053-1591. DOI 10.1088/2053-1591/ab750e. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab750e>.
- VALGAÑÓN, Violeta, 2008. *Biología aplicada a la conservación y restauración*. Madrid: Síntesis. Patrimonio cultural 9. ISBN 978-84-9756-577-6.
- VITERI FLOREZ, Paola Andrea, CASTILLO GUERRA, David Arturo y VITERI ROSERO, Silvio Edgar, 2016. Capacidad y diversidad de bacterias celulolíticas aisladas de tres hábitats tropicales en Boyacá, Colombia. *Acta Agronómica* [en línea], vol. 65, no. 4, pp. 362-367. [Consulta: 4 julio 2021]. ISSN 0120-2812. DOI 10.15446/acag.v65n4.50181. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-28122016000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- ZHANG, Junqing, GAO, Danling, LI, Quanhao, ZHAO, Yixuan, LI, Li, LIN, Hanfeng, BI, Qirui y ZHAO, Yucheng, 2020. Biodegradation of polyethylene microplastic particles by the fungus *Aspergillus flavus* from the guts of wax moth *Galleria mellonella*. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 704. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.135931. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719359261>.
- Zigomicetos: generalidades. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/zigos.htm>.

12. ÍNDICE DE IMÁGENES

· Figuras:

Figura 1. Kurt Schwitters, “Kleines Seemannsheim”, 1926.

Recuperado de: <https://www.wikiart.org/es/kurt-schwitters/small-sailors-home-1926>

[último acceso: 03/07/2021]

Figura 2. Kenneth Kemble, “Paisaje suburbano in memoriam”, 1958.

Recuperado de: http://cvaa.com.ar/01sigloxx/05_09_informalismo.php

[último acceso: 31/05/2021]

Figura 3. Giosuè Quadrini, 2016.

Recuperado de: <https://www.pinterest.es/pin/559572322433049812/>

[último acceso: 31/05/2021]

Figura 4. Kurt Schwitters, “Relief”, 1923.

Recuperado

de:

<http://boussardartpla.canalblog.com/archives/2019/09/14/37635117.html>

[último acceso: 31/05/2021]

Figura 5. Robert Rauschenberg, “Coexistence”, 1961.

Recuperado de: <https://www.vmfa.museum/piction/6027262-12961549/>

[último acceso: 31/05/2021]

Figura 6. Robert Motherwell, “View from high tower”, 1944-45.

Recuperado de: <https://www.painters-table.com/link/mayors-doorstep/robert-motherwell-early-collages>

[último acceso: 31/05/2021]

Figura 7. Obra “Tríptico” y detalle de la alteración biológica.

Recuperado de: <https://www.swissinfo.ch/spa/sophie-taeuber-arp/7662690>

[último acceso: 01/06/2021] y

Restauración de pintura contemporánea: tendencias, materiales, técnica (Heinz Althöfer y Hiltrud Schinzel), página 34, respectivamente.

Figura 8. Crecimiento de musgos sobre roca calcárea artificial. Imagen propia.

Figura 9. Variación tipológica fúngica.

Recuperado

de:

<http://identificaciondeecosistemasbiovegetal.blogspot.com/2017/11/>

[último acceso: 29/06/2021]

Figura 10. Asentamiento líquénico sobre superficie pétreo artificial. Imagen propia.

Figura 11. “Botella e instrumentos musicales” de Georges Braque en 1918.
Recuperado de: <https://www.vanityfair.com/news/2011/10/georges-braque--from-fauvism-to-cubism#7>
[último acceso: 31/05/2021]

Figura 12. “Chocolate” de Enriqueta Hueso, década 1980.
Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/320184513_Pictorial_layers_in_contemporary_art_stabilization_of_an_artwork_made_of_chocolate_and_metal
[último acceso: 31/05/2021]

Figura 13. “Violín”, 1913 y “Naturaleza muerta con silla de rejilla”, 1912 de Pablo Picasso. Recuperado de: <https://velvet-mag.lat/2019/05/16/georges-braque-y-su-pintura-cubista/> [último acceso: 31/05/2021]

Figura 14. Asentamiento fúngico sobre un objetivo fotográfico de vidrio.
Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/davidneal/>
[último acceso: 03/06/2021]

Figura 15. “Ocre i negre amb tela encolada” de Antoni Tàpies en 1972 y obra sin título de Alberto Burri en 1995.
Recuperado de: <https://www.christies.com/lot/lot-antoni-tapias-b-1923-ocre-i-negre-5363068/?from=salesummary&intObjectID=5363068&lid=1> y https://www.lot-art.com/auction-lots/UNTITLED-Alberto-Burri/118-untitled_alberto-17.5.18-sotheby respectivamente
[último acceso: 31/05/2021]

Figura 16. Eric Dyer, “Untitled (Iteration 4)”, 2012.
Recuperado de: <https://sophiemunns.tumblr.com/post/26110081711>
[último acceso: 31/05/2021]

Figura 17. “Flower vase”, 2020 y “Ode to pregnancy”, 2014 de Sarah Meyers Brent. Recuperado de: <https://sarahartist.com/artwork/4767595-Flower-Vase.html> y <https://sarahartist.com/artwork/3634197-Ode-To-Pregnancy-Detail.htm> respectivamente [último acceso: 31/05/2021]

Figura 18. Collage pintado sobre papel de Hayashi Takahiko de 2006.
Recuperado de: <https://takahikohayashi.tumblr.com/post/32975082006/d-10jan2006-painting-collage-on-paper>
[último acceso: 31/05/2021]

Figura 19. “Rapture 04-4” de Peter von zur Muehlen en 2005.

Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/pvzm/22900676/in/set-528367>

[último acceso: 31/05/2021]

Figura 20. Ataque fúngico sobre tablero de contrachapado.

Recuperado de: <http://aitiminforma.blogspot.com/2002/03/que-son-los-hongos-cromogenos.html>

[último acceso: 11/07/2021]

Figura 21. Day 3: 40 Days Series de Crystal Neubauer en 2018, collage, técnica mixta.

Recuperado de: <https://crystalneubauer.com/artwork/4472369-Day-3-40-Days-Series.html> [último acceso: 03/07/2021]

Figura 22. Variación de la “zona de confort” de HR de diversos materiales.

Recuperado de: *Preventive Conservation in Museums* (Chris Caple) en el capítulo: *Relative Humidity Re-examined*, autores: W. David Erhardt y Marion F. Mecklenburg, página 352.

• Diagramas:

Diagrama 1: Seres vivos relativos al biodeterioro sobre objetos artísticos y su disposición en la clasificación biológica general. Confección propia.

Diagrama 2: Posibles criterios de clasificación bacteriana. Confección propia.

• Ilustraciones:

Ilustración 1: Principales insectos atacantes sobre obras artísticas. Confección propia.

Ilustración 2: Modelo de actuación sobre obras contemporáneas multimatéricas con relación al biodeterioro. Confección propia.