

BIODETERIORO, ¿DÓNDE ESTÁS?

El biodeterioro se presenta en todos los lugares que nos rodean, sólo es cuestión de saber observar y así poder actuar a tiempo para revertirlo.

Patricia Guiamet, Patricia Battistoni y Sandra Gómez de Saravia

Muchas veces hemos escuchado hablar de **biodeterioro**, y no siempre es fácil comprender ¿de qué se trata? Éstas son algunas de las preguntas que nos han hecho en muchas circunstancias y distintos lugares a lo largo de los años de trabajo.

¿Qué es el biodeterioro?

Cuando hablamos de **biodeterioro** nos referimos a cualquier cambio indeseable en las propiedades de un material, causado por la actividad de los organismos. El término biodeterioro es usado por muchos autores como sinónimo de biocorrosión, pero ésta preferentemente indica procesos de naturaleza electroquímica de disolución de metales; sin embargo ambos son iniciados o acelerados por microorganismos.

El biodeterioro afecta a una amplia variedad de materiales tales como: madera, roca, cuero, metales,

materiales de refinería y procesamiento de combustible, materiales y artefactos arqueológicos subacuáticos, pinturas, lubricantes, papeles, fotografías, CDs, etc. (Figuras 1, 2, 3).

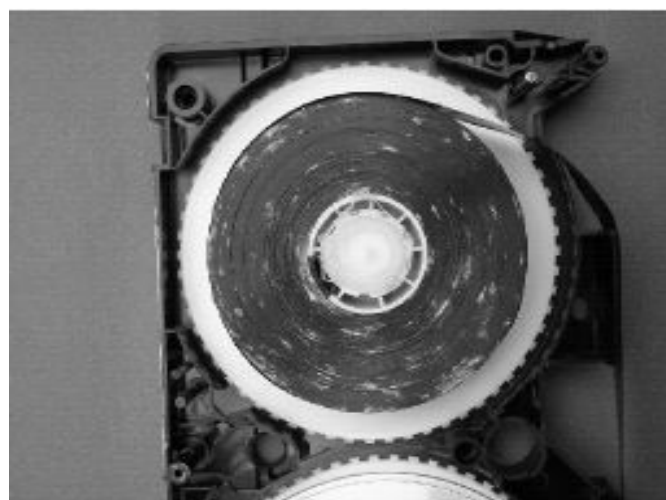


Fig. 1. Cinta VHS, deteriorada por hongos (zonas blanquecinas).

El biodeterioro del Patrimonio Cultural, es el daño físico o químico causado por diferentes organismos sobre objetos, monumentos o edificios que pertenecen al patrimonio cultural.



Fig. 2. Toma de muestras en pinturas rupestres con algas.

Palabras clave: biodeterioro, biofilm, microbiología, Patrimonio Cultural.

Patricia Guiamet ⁽¹⁾

Dra. en Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Bacterióloga Clínica e Industrial, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP. CONICET. Argentina.
pguiamet@inifta.unlp.edu.ar

Patricia Battistoni ⁽¹⁾

Lic. en Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. CONICET. Argentina.
patriciabattistoni@yahoo.com.ar

Sandra Gómez de Saravia ⁽¹⁾

Dra. en Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Argentina.
sgomez@inifta.unlp.edu.ar

⁽¹⁾ Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA). UNLP, CCT-La Plata, CONICET. La Plata, Argentina.

Recibido: 16/05/08. Aceptado: 23/07/08



Fig. 3. Columna del cementerio de La Plata con algas y hongos.

El Patrimonio Cultural de un pueblo comprende las obras de sus artistas, arquitectos, músicos, escritores y sabios, así como las creaciones anónimas, surgidas del alma popular, y el conjunto de valores que dan sentido a la vida, es decir, las obras materiales y no materiales que expresan la creatividad de ese pueblo; la lengua, los ritos, las creencias, los lugares y monumentos históricos, la literatura, las obras de arte y los archivos y bibliotecas. Se transmite como herencia social a cada generación y corresponde al Estado salvaguardar su contenido.

¿Dónde se observa o a qué materiales afecta?

Existe una diversidad de ambientes, tanto en tierra como bajo el agua donde puede observarse la presencia de biodeterioro. En libros, documentos, fotografías y objetos de valor cultural, se encuentra como factor común la presencia de sustancias orgánicas susceptibles de ser utilizadas (metabolizadas) por los microorganismos, los cuales pueden provocar transformaciones específicas a nivel molecular que ocasionan daños característicos apreciables a simple vista. En sitios subacuáticos la temperatura, velocidad de corriente, contenido de materia orgánica, organismos bentónicos (desde bacterias hasta organismos superiores) así como las comunidades incrustantes juegan un papel importante en el biodeterioro de sitios arqueológicos subacuáticos.

¿Qué lo produce?

Los organismos que participan en los procesos de biodeterioro incluyen: bacterias, cianobacterias, algas y hongos. Éstos forman películas pegajosas que se adhieren al sustrato, al cual no sólo degradan sino que afectan estéticamente. También artrópodos, roedores, aves, murciélagos, líquenes, musgos y plantas vasculares intervienen en el proceso de biodeterioro.

Las alteraciones más frecuentes por acción del biodeterioro pueden deberse a: manchas por el creci-

miento de hongos en superficies de frescos y pinturas; decoloraciones por precipitación del sulfuro férrico por bacterias reductoras del azufre en metales; lesiones provocadas por roedores; florescencias por proliferación de bacterias en frescos de criptas; opacidad de vidrios ocasionado por la actividad de productos metabólicos de hongos; pudrición de la madera por hongos descomponedores y diversos exudados como secreción de ácidos por parte de los líquenes. En los sustratos, agujeros que pueden ser provocados por la penetración de rizoides de musgos y la acción mecánica y química de las raíces de las plantas vasculares.

El biodeterioro no puede ser considerado como un fenómeno aislado, siempre ocurre acompañado de otros procesos de deterioro tales como físicos, químicos o físico-químicos, con los cuales está íntimamente relacionado.

¿Qué es un biofilm y cómo se forma?

El **biofilm** también conocido como **biopelícula** es un ecosistema microbiano organizado, conformado por microorganismos (bacterias, cianobacterias, algas, hongos, etc.) asociados a una superficie inerte o viva, con características funcionales y estructuras complejas. Los microorganismos crecen incluidos en sustancias producidas por su metabolismo, material polimérico extracelular (Exopolisacáridos, MPE), a través del cual comienzan a adherirse a la superficie de los distintos materiales y agua (Figura 4).

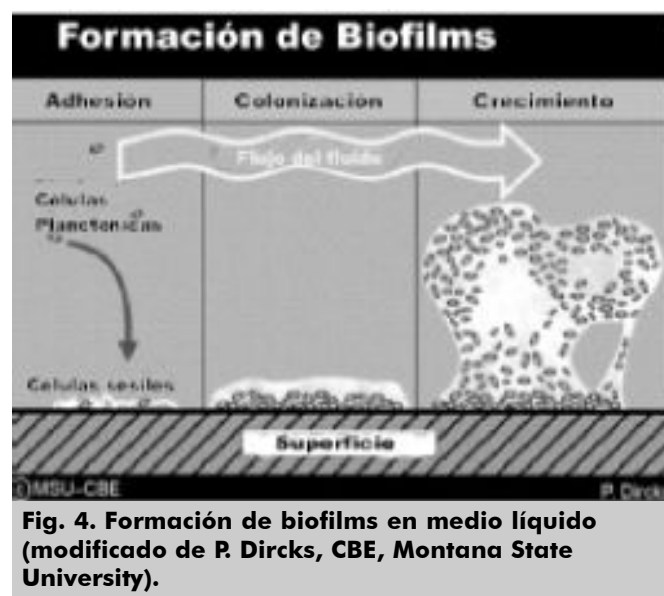


Fig. 4. Formación de biofilms en medio líquido (modificado de P. Dircks, CBE, Montana State University).

El biofilm se inicia con la adherencia de algunas células, tras lo cual se desarrolla el crecimiento; se va formando MPE y extendiendo a medida que crece el biofilm.

La importancia de los biofilms en los procesos de biodeterioro radica en los cambios que producen sobre los diferentes sustratos, modificando los valores de pH, concentración de oxígeno disuelto, concentracio-

BIODETERIORO, ¿DÓNDE ESTÁS?

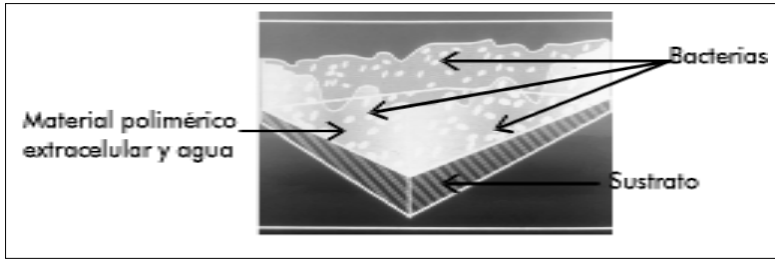


Fig. 5. Estructura de un biofilm.

nes iónicas en la interfase entre el sustrato y el medio circundante (Figura 5).

¿Existen distintos biofilms?

De acuerdo a las características del hábitat, a la superficie donde se desarrollan, a los nutrientes que aportan los diferentes sustratos donde se adhieren (papel, CD, rocas, metales, etc.) podemos hablar de diferentes tipos de biofilms pues estarán constituidos por diferentes especies de bacterias, cianobacterias y hongos. El aspecto que se puede observar en un sustrato por el desarrollo de los biofilms puede ser:

- Fibroso, manchas, decoloraciones (hongos filamentosos, hifas y esporas).
- Negro (BRS: bacterias reductoras de sulfato, etc.).
- Pátinas (algas).
- Depósitos blandos y pegajosos.
- Ampollas que frecuentemente contienen células vivas.
- Hoyuelos que pueden formarse sobre la superficie del material afectado por actividad metabólica de microorganismos.

No hay que dejar de tener en cuenta en los estudios de biodeterioro la incidencia del deterioro atmosférico sobre los materiales expuestos al medio ambiente y la influencia de la polución natural y antropogénica (producida por el hombre) que juegan un rol decisivo en el tipo de biodeterioro.

¿Existen distintos tipos de biodeterioro?



Fig. 6. Daño producido por roedores en papel.

Tipos de biodeterioro: i) estético: manchas en paredes; ii) químico: manchas oscuras en los papeles de archivos; iii) físico: penetración de rizoides de musgos en la piedra provocando agujeros y iv) físico-químico: físico las plantas vasculares penetran los sustratos a través del crecimiento de sus raíces y químico por la acidez de las mismas y diversos productos de excreción (exudados). (Figuras 6, 7, 8 y 9).

Factores ambientales tales como las elevadas temperaturas y la humedad relativa juegan un rol decisivo en el tipo de biodeterioro.

Los factores que propician el biodeterioro pueden ser: humedad, temperatura, nutrientes, pH, oxígeno y luz.

Algunas de las vías de entrada de los organismos que intervienen en este proceso pueden ser: *contaminación antropogénica*, producida directamente por el hombre, por ejemplo cuando se está leyendo un libro humedecer el dedo con saliva para cambiar de página; *contaminación ambiental*, existen hongos ambientales que pueden instalarse en las paredes de las viviendas y son difíciles de erradicar; *falta de higiene*, puede ser un vehiculizador en la contaminación de objetos; *objetos contaminados junto a sanos*, por ejemplo incorporar un libro con manchas o galerías hechas por insectos, a una biblioteca en buenas condiciones; *grietas en techos y paredes* y *ranuras entre paredes y pisos*.

¿Cuáles son las técnicas de estudio?

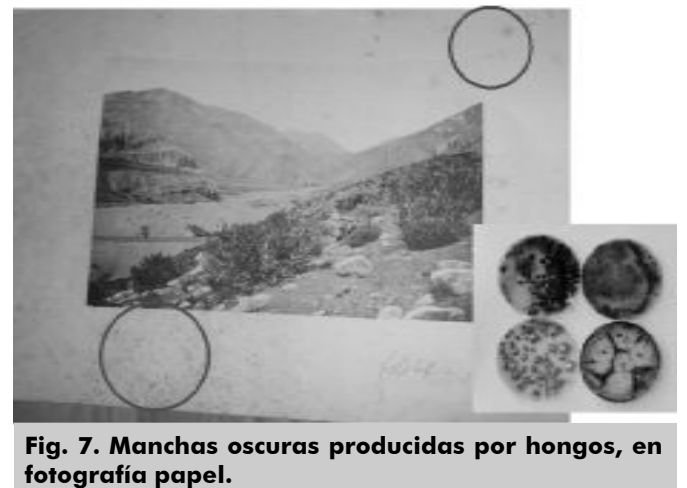


Fig. 7. Manchas oscuras producidas por hongos, en fotografía papel.

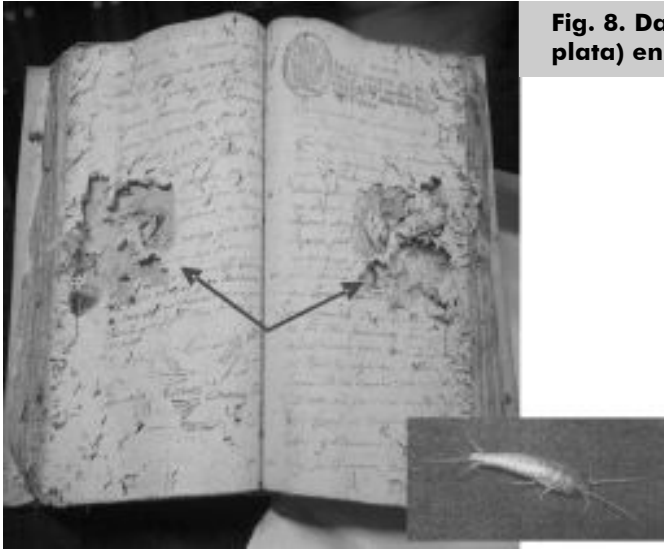


Fig. 8. Daño producido por insectos (*Lepisma* sp. o pescadito de plata) en papel.

En una evaluación del estado de biodeterioro, se hace una inspección preliminar, para luego proceder a la toma de muestras, realizar los estudios biológicos y químicos del sustrato correspondientes (pétreo, metálico, papel, etc.). Posteriormente se toman las medidas necesarias para proceder a una restauración y conservación adecuada. Es sumamente importante en los estudios de biodeterioro evaluar la calidad microbiológica del aire y el grado de contaminación ambiental de la zona en estudio.

Los pasos necesarios a seguir son: i) caracterizar e identificar el agente en cuestión (tipos de microorganismos y macroorganismos presentes); ii) identificar las características del daño; iii) seleccionar el método de control más eficiente; iv) evaluar y llevar un seguimiento del estado de conservación y v) efectuar una inspección ocular (macroscópica) del sustrato afectado.

Se deben evaluar los microorganismos que se encuentran adheridos a la superficie formando los biofilms y hacer en lo posible un control microbiológico del aire. La búsqueda debe orientarse hacia una evaluación de microorganismos generales y/o específicos. Se pueden utilizar técnicas de detección y conteo de microorganismos que permitan contar células totales, células vivas y células activas.

Los muestreos deben realizarse en forma aséptica, utilizando técnicas no destructivas, ya que los materiales en estudio son de gran importancia y no deben ser dañados. El muestreo se realiza con el auxilio de una lupa de mano, un bisturí y una espátula. Cuando no se va a proceder a un cultivo posterior de los microorganismos, cada una de las muestras se coloca en frascos estériles con formol al 4 % en agua destilada y se transportan al laboratorio para su estudio.

Para determinar bacterias y hongos las muestras deben ser trasladadas al laboratorio lo más rápidamente posible en recipientes estériles y antes de las 24

hs de ser tomadas se cultivan en medios de cultivo adecuados.

La revisión de cada una de las muestras comprende la descripción morfológica y dibujos de cada una de las especies encontradas, utilizando el microscopio óptico o lupa estereoscópica. La información obtenida se analiza consultando claves de sistemática y bibliografía especializada.

Estos estudios se pueden completar con observaciones en el microscopio electrónico de barrido (MEB), el microscopio electrónico de barrido ambiental (MEBA) y el microscopio de fuerza atómica (MFA). Para caracterizar los productos derivados del deterioro del material se utilizan entre otros estudios el análisis de superficie por dispersión de rayos X (EDX) y microsonda electrónica.

¿Se puede eliminar o controlar?

La utilización de materiales para eliminar o controlar el biodeterioro se conoce desde la antigüedad, habiéndose empleado colas, adhesivos, impermeabilizantes, limpiadores, etc. La selección del un método dependerá de la naturaleza del sustrato y de los factores relacionados con el tipo de impureza presente en la superficie.

Para la limpieza del sustrato es indispensable realizar una inspección previa, con el fin de determinar el tipo de material (mármol, piedra, metal, etc.) y el grado de deterioro (tipo de suciedad, presencia de grietas y hendiduras, rugosidad superficial, etc.). Los diferen-



Fig. 9. Daño producido por hongos, briofitas, etc. en las Ruinas de San Ignacio Mini, Misiones.

tes procedimientos tienden a eliminar del sustrato todos los elementos adheridos, debiéndose respetar en estas operaciones el aspecto original. La limpieza es una tarea delicada porque es irreversible, resultando de gran importancia el estado de la superficie que se desea alcanzar y la forma operativa para aplicar los conocimientos y recursos disponibles. Existen distintos tipos de limpieza: i) limpieza mecánica: comprende cualquier método capaz de remover el material depositado sobre la superficie. Incluye cepillado, esferas limpiantes, etc. y se aplica para remover incrustaciones, pátinas y las bacterias asociadas a diferentes materiales. Ésta debe ser acompañada de enjuagues con agua más un agente biocida para eliminar de las superficies los microorganismos responsables del biodeterioro; ii) limpieza química: es aplicada generalmente luego de la limpieza mecánica. Los productos usados incluyen ácidos minerales, orgánicos y biocidas naturales, oxidantes y no oxidantes. En la selección del producto debe tenerse en cuenta la naturaleza del material y su estado de conservación; la extensión y la densidad del crecimiento biológico y la disponibilidad y el costo del químico. Estos pueden ser empleados por aspersion, brocha, inyección, inmersión, etc.

También se pueden emplear técnicas de limpieza con vapor de agua, agua caliente y detergentes; acción de llama o flameado, empleo de disolventes, chorro con materiales abrasivos, método láser, rayos gama, biocidas químicos, biocidas naturales, etc.

La eliminación de plagas en colecciones (botánicas, zoológicas, antropológicas, bibliotecas, etc.) y dentro de edificios, exige un método efectivo y técnicas de erradicación que no dañen los objetos. Las técnicas utilizadas entre otras son: atmósfera de gases inertes, uso de pesticidas, fumigantes, congelación controlada, privación de oxígeno, etc.

¿Quiénes se ocupan de estudiarlo?

Finalmente cabe destacar que estos estudios deben ser abordados por equipos multidisciplinarios integrados por microbiólogos, biólogos, químicos, bioquímicos, arquitectos, ingenieros, arqueólogos, curadores de colecciones, restauradores, historiadores, bibliotecarios, etc. Esto permitirá favorecer el entendimiento del proceso de biodeterioro y sus consecuencias y así poder tomar medidas correctas para la solución de estos problemas, para que no lleguen a producir pérdidas irreparables.

Naipes Patagónicos

Flores de la Patagonia
 Los bosques y estepas de los Andes patagónicos albergan numerosas flores variadas y coloridas. Este mazo de cartas ilustradas muestra tan solo algunas de su gran riqueza y diversidad. Las imágenes del Joker y del donoso de las cartas corresponden a pinturas rupestres de la Patagonia.

Pesca con mosca
 Una mosca es un señuelo artificial fabricado por el propio pescador de manera artesanal, utilizando para ello plumas, pelos e hilos que imitan los insectos naturales que integran la dieta del pez. Las hoy famosas truchas, fueron introducidas en la Patagonia a principios del siglo XX. Las más comunes son la trucha arcoíris, la trucha marrón y la trucha de arroyo o fontinalis.

Tel. 02944 523835 - www.naipespatagonicos.com.ar

Lecturas sugeridas

Bastida, R., Elkin, D., Grosso, M., Trassens, M. y Martin J. P. 2004. *The sloop of war HMS Swift (1770): a case study on the effects of biodeterioration on the underwater cultural heritage of Patagonia*. Corrosion Reviews - Special Issue - Biodeterioration of Cultural Heritage, 22: 417-440.

Gómez de Saravia, S. 2007. Estudio del Biodeterioro. Métodos de preservación y control. Taller sobre la Conservación del Patrimonio Documental y la Prevención contra Catástrofes en Países de Clima Tropical. CDRom.

Guiamet, P. y Gómez de Saravia, S. 2007. Biofilms (Biopelículas) Biocorrosión y Biodeterioro de Materiales. Págs. 552-556. En: *Microbiología Veterinaria*, Stanchi, N.O. Ed. Editorial Inter-Médica S.A.

Guiamet, P. S., Gómez de Saravia, S. G.; Battistoni, P.; Borrego, S., de la Paz, J. y Pons, V. (En prensa). *Evaluación Microbiológica de los Materiales Almacenados en el Archivo Histórico del Museo de La Plata, Argentina y en el Archivo Nacional de la República de Cuba*. Vázquez, C., Patrimonio cultural: la gestión, el arte, la arqueología y las ciencias exactas / C. Vázquez y O. M. Palacios 1a ed. - Buenos Aires CNEA.

UNESCO, 1982. Definición de Patrimonio Cultural elaborada en la Conferencia Mundial sobre las Políticas Culturales, celebrada en Méjico DF, Méjico. <http://museomaritimo.com/adimra/Actividades/PatrimonioCultural/DefiniciondeLaUNESCOmExic-1982.doc>