

Biodeterioro del patrimonio cultural. Prservación y conservación

Dra.Sandra Gómez de Saravia

INIFTA. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de Química. CONICET. UNLP.
Investigadora adjunta CICBA. sgomez@inifta.unlp.edu.ar

El **biodeterioro de materiales** es todo cambio indeseable en las propiedades de un material, originado por la actividad vital de los organismos (Hueck, 1965). El **biodeterioro del patrimonio cultural** es el daño físico o químico causado por los organismos sobre objetos, monumentos o edificios que pertenecen al patrimonio cultural. La **biocorrosión** se puede definir como la suma de los procesos electroquímicos de disolución de metales ya sea iniciada o acelerados por microorganismos y la **biodegradación** es la capacidad deteriorante que presentan alguno microorganismos para producir, a partir de un material de deshecho, uno más útil o aceptable.

A pesar de que estos procesos son diferentes tienen una característica en común, ocurren por medio de la formación de **biopelículas** sobre los materiales a los que deterioran (Allsopp, 1986; Videla, 1996).

Las **biopelículas** están constituidas por células microbianas, material polimérico extracelular (MPE), material particulado diverso y mayoritariamente agua formando películas mucilaginosas altamente adherentes al sustrato, al cual no solo afectan estéticamente sino también degradan.

La importancia de las **biopelículas** en el biodeterioro de materiales está relacionada con:

- 1.Modificaciones de los valores de pH.
- 2.Modificación en las concentraciones iónicas.
- 3.Condiciones de óxido reducción en el espesor de las biopelículas y en la interfaz entre las biopelículas y el sustrato.

Estos cambios crean condiciones de agresividad mucho mayor que en áreas no contaminadas por la presencia de las biopelículas (Videla, 1996).

El **biodeterioro** depende de:

- Naturaleza del sustrato.
- Condiciones ambientales: a) factores ambientales: temperatura y humedad; b) polución natural y antropogénica: contaminación atmosférica, presencia del hombre.
- Capacidad metabólica del agente biológico.

Materiales que pueden ser afectados por el biodeterioro (Feriari, 2000).

Tipos de materiales:

- Pétreos: rocas (granitos, basaltos, calcáreos, mármoles, obsidianas, otros).
- Metálicos: oro, plata, cobre, estaño, otros.
- Cerámicos.
- Poliméricos: polímeros sintéticos, ámbar.
- Otros materiales: madera, papel, textiles, cuero, pergamino, marfil.
- Revestimientos: tintas (en madera, tela, papel, pergamino, murales, metales).
- Barnices.
- Esmaltes.

Agentes biológicos que inciden en el biodeterioro.

- Bacterias
- Cianobacterias
- Hongos
- Diatomeas
- Algas

- Líquenes
- Musgos
- Plantas vasculares
- Insectos
- Aves
- Murciélagos
- Roedores

Las cianobacterias son las primeras colonizadoras. Sirven como fuente de carbono para el crecimiento de las comunidades bacterianas y fúngicas heterotróficas. Forman biopelículas de diferentes tonalidades que afectan al sustrato estéticamente. Las coloraciones de estas biopelículas varían desde el negro al rojo pudiendo encontrarse pátinas de color azul, verdoso, verde olivo y pardo. Las cianobacterias epilíticas (en la superficie) son importantes en la disolución del carbonato de la roca caliza, pudiendo provocar el desprendimiento de partes de la roca (ortega Calvo et al., 1991; Ariño & Saiz-Jimenez, 1996; Gaylarde & Morton, 1999; Gómez de Saravia, 2002).

Las bacterias autótrofas y heterótrofas pueden atacar la roca a través de procesos químicos y físicos relacionados con su metabolismo y con la formación de biopelículas. Estos fenómenos muchas veces están relacionados con los fenómenos de ensuciamiento o manchado de las superficies. Las bacterias producen, por intermedio de su metabolismo, ácidos orgánicos que deterioran las rocas calcáreas y silíceas. Otras por ejemplo participan en los fenómenos de oxidación y reducción de materiales férricos acelerando la degradación de los mismos (Tayler & May, 2001; Guiamet, 2002).

Los hongos (Fig. 1), pueden deteriorar los sustratos tanto química como mecánicamente, por la penetración del micelio fúngico en grietas o fisuras (crecimiento casmolítico). Producen metabolitos ácidos que disuelven los componentes químicos de la matriz del material debilitando, sus características estructurales (Videla et.al., 2001; Guiamet, 2002).

La acción deteriorante de los líquenes (Fig.2) sobre mármoles está ligada a la producción de ácido oxálico formando una pátina de oxalato. Son resistentes a situaciones ambientales adversas y su actividad deteriorante es similar a la de los musgos y plantas superiores (Saiz-Jimenez, 1994).

Los musgos a través de sus rizoides pueden penetrar en los sustratos produciendo fisuras o agujeros. Las plantas vasculares (Fig. 1) pueden causar biodeterioro mecánico: por la penetración de las raíces en el sustrato y químico: por la acidez que excretan por las raíces (Saiz-Jimenez, 1994).

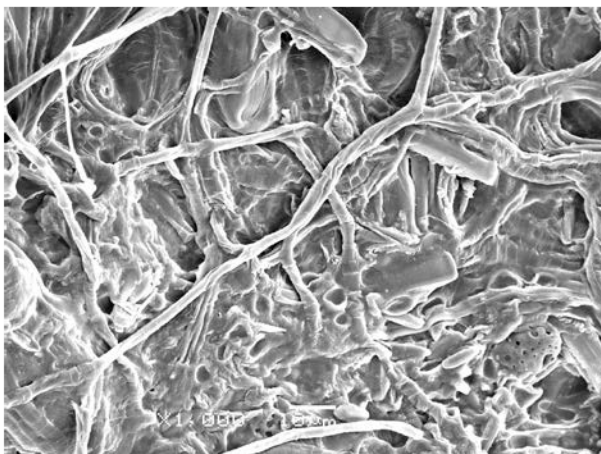


Figura 1: Microfotografía de MEB de una muestra tomada de la pared que mira al sudeste de la Catedral de La Plata. Se observan hifas de hongos (X 1000).



Figura 2: Se observa la presencia de líquenes y plantas sobre una pared perteneciente a las Ruinas de San Ignacio Miní, Misiones.

Alteraciones más frecuentes por acción del biodeterioro sobre diferentes materiales.

- Manchas por crecimiento de hongos sobre las superficies.
- Lesiones de ciertas partes de materiales trituradas por roedores.
- Ahuecamiento de textiles y papel por la acción de insectos.
- Cambios en las propiedades ópticas como la opacidad de vidrios ocasionados por la actividad de productos metabólicos de hongos.
- Cambios en las propiedades químicas por degradación de la celulosa y lignina o pudrición de la madera ocasionada por hongos descomponedores.
- Grietas, fisuras y desmoronamiento causado por la penetración de raíces de plantas sobre paredes, muros y techos.
- Penetración por hifas de hongos en fibras naturales.

Procesos de biodeterioro.

A. Procesos biogeoquímicos.

Son producidos por la acción de ácidos orgánicos e inorgánicos producto del metabolismo de los organismos y conduce a una biolixiviación de los elementos constitutivos del material. Estos procesos se combinan con la oxidación biogénica (biooxidación) del mineral, que produce cationes y provoca un debilitamiento de las uniones estructurales del material. Algunos microorganismos que causan biodeterioro biogeoquímico son: i) por vía acidolítica, las bacterias quimiolitotróficas del ciclo del nitrógeno; ii) organismos quimio-organotróficos que producen CO_2 en la respiración que conduce a la formación de ácido carbónico; iii) los líquenes producen ácidos orgánicos como: oxálico, cítrico, glucónico, ácido 2-oxiglucónico, ácido 2-oxiglutarico, ácido glioxílico, oxalacético y fumarico; iv) las micobacterias alcalinizan el medio a valores de pH superiores a 9.0 causando disolución de partículas de cuarzo. (Warsheid et al., 1991).

B. Procesos biogeofísicos.

Formación de estratos o capas, debida a cambios químicos de la estructura superficial del material. Puede llevar a la formación de costras cristalinas o incrustaciones amorfas. Los biofilms epilíticos pueden producir metabolitos tensioactivos que alteran la difusión de vapor de agua en los poros del material provocando dilataciones y contracciones de los depósitos biológicos. (Warsheid et al., 1991; Warsheid & Bramas, 2000).

Técnicas utilizadas en el estudio del biodeterioro

- Petrografía
- Difracción de rayos x
- Microsonda electrónica

- Microscopia de barrido de electrones (MEB)
- Microscopia electrónica de transmisión (MET)
- Microscopia de fuerza atómica
- FTIR
- Espectroscopía de adsorción atómica
- Variación de masa
- Métodos biológicos
- Ensayos mecánicos
- Espectroscopía de absorción atómica
- XPS
- Espectroscopía Raman
- Porosimetría
- Ensayos mecánicos
- Variación de masa
- Espectroscopía Auger
- Espectroscopia XPS
- Espectroscopia Raman
- Fluorescencia de rayos X
- Variación de masa
- Ensayos electroquímicos

Pasos necesarios para el estudio del biodeterioro (Martínez Outeriño, 2003).

- Identificar las causas que lo provocan. Deterioro atmosférico o biodeterioro?
- Determinar el daño producido.
- Caracterizar e identificar el organismo en cuestión.
- Seleccionar el método de control más eficiente.
- Evaluar y llevar un seguimiento del estado de conservación de la obra. Preservación y conservación.

Preservación: son todas las acciones a seguir de modo de impedir los fenómenos de deterioro (biológico o atmosférico).

Conservación: supone el bloqueo del proceso degradativo del material, fijando un tiempo para que se realice la intervención.

Prevención del biodeterioro.

Los métodos empleados para prevenir el biodeterioro deben considerar la inhibición del crecimiento o de la actividad metabólica de los organismos y la modificación de las características del ambiente donde se desarrolla el proceso de deterioro (Giúdice, 2003).

Algunos de los métodos más utilizados son:

- Limpieza: es indispensable realizar una inspección previa, con el fin de determinar el tipo de material (mármol, piedra, bronce, etc.) y el grado de deterioro (tipo de suciedad, presencia de grietas y hendiduras, rugosidad superficial, etc.).
- La selección del método de limpieza depende de la naturaleza del sustrato y de los factores relacionados con el tipo de impureza presente en la superficie. La limpieza puede ser: a) 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. Esta debe ser acompañada de enjuagues con agua más una agente biocida para eliminar de las superficies los organismos responsables del biodeterioro y b) química: aplicada generalmente luego de la limpieza mecánica. Los productos usados incluyen ácidos minerales, orgánicos y biocidas oxidantes y no oxidantes y naturales.
- También se pueden emplear técnicas de limpieza con vapor de agua, agua caliente y detergentes; acción de llama o flameado; empleo de disolventes; chorreado con materiales abrasivos; láser, etc.

Agradecimientos.

La autora agradece a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICBA), al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) PIP No. 6075/05 y a la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) Proyecto de incentivos 11N 457.

Bibliografía

- Allsopp, D., Seal, K.J. 1986. Introduction. En: Introduction to biodeterioration, Edward Arnold, London, UK, 1-7.
- Ariño, X., Saiz-Jimenez, C. 1996. Factors affecting the colonization and distribution of cyanobacteria. En: 8 th International Congress on deterioration and conservation of stone (Rieder, J. Ed), Vol.1, Berlin, 725-731.
- Ferreira, M. 2000. (Bio)deterioracao de monumentos do patrimonio cultural Iberoamericano. Biodeterioro de monumentos históricos de Iberoamérica. 1º Reunión Internacional de la Red Temática XV-E Sevilla, España, 84-93.
- Gaylarde, C.C., Morton, L. 1999. Deteriogenic biofilms on buildings and their control: a review. *Biofouling* 14: 59-74.
- Giúdice, C. 2003. Patrimonio cultural: limpieza, consolidación y pretratamiento con biocidas. I Jornadas Iberoamericanas sobre Biodeterioro del patrimonio Cultural Iberoamericano. Prevención, Restauración y Preservación. Cartagena de Indias, Colombia, 13 págs.
- Gómez de Saravia, S.G. 2002. Cianobacterias en el biodeterioro de monumentos. Jornadas Científico Tecnológicas sobre prevención y protección del patrimonio cultural Iberoamericano de los efectos del biodeterioro ambiental. La Plata, 57-64.
- Guiamet, P.S. 2002. Efectos de los contaminantes fúngicos y bacterianos en el biodeterioro de materiales estructurales. Jornadas Científico Tecnológicas sobre Prevención y protección del patrimonio cultural Iberoamericano de los efectos del biodeterioro ambiental. La Plata, 49-56.
- Hueck, H.J. 1965. The biodeterioration of materials as a part of hylobiology. *Materials and organisms* 1: 5-34.
- Martínez Outeriño, P. 2003. Manejo integrado de plagas. I Jornadas Iberoamericanas sobre Biodeterioro del patrimonio cultural Iberoamericano. Prevención, restauración y preservación. Cartagena de Indias, Colombia, 15 págs.
- Ortega Calvo, J.J., Hernández Marine H., Saiz-Jimenez, C. 1991. Biodeterioration of buildings materials by cyanobacteria and algae. *International biodeterioration* 28. 165-186.
- Saiz-Jimenez, C. 1994. Biodeterioration of stone in historic buildings and monuments. *Biodeterioration Research* 4 (C. Llewellyn, W.V. Dashek, C.E., O'Rear, eds.), Plenum Press, NY, p. 587.
- Tayler, S., may, E. 1991. detection of specific bacteria on stone using and enzyme linked immunosorbant assay. *International Biodeterioration & Biodegradation* 27: 157-162.
- Videla, H.A. 1996. Manual of biocorrosion. Lewis Publishers/CRC Press, Boca Ratón, PL, USA, p. 288.
- Videla, H.A., Guiamet, P.S., Gomez de Saravia, S.G. 2001. Mechanisms of microbial biodeterioration of limestone in Mayan buildings. *Corrosion/2001*, paper no. 01250, NACE International, Houston Tx.
- Warsheid, T., Oelting, M., Krumbein, W.E. 1991. Physico-chemical aspects of biodeterioration process on rocks with special regard to organic pollutants. *International Biodeterioration* 28: 37-48.
- Warsheid, T., Bramas, J. 2000. Biodeterioration of stone: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation* 46: 343-368.