

VII Jornada "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio"

DETERIORO CAUSADO POR LOS SERES VIVOS A LAS CONSTRUCCIONES DE VALOR PATRIMONIAL**Rosato, V.G.**Investigador Asistente CONICET – LEMIT, Avda. 52 entre 121 y 122, 1900, La Plata, TE. (0221) 483 1141 al 44, e-mail: direccion@lemit.gov.ar**INTRODUCCIÓN**

Cuando una construcción se concluye, queda expuesta a la intemperie y también a la acción de diversos organismos capaces de colonizarla y de causar deterioro en igual o mayor grado que los agentes físico-químicos.

Para comprender los mecanismos involucrados en este proceso, es necesario considerar la obra arquitectónica como un ecosistema (figura 1).

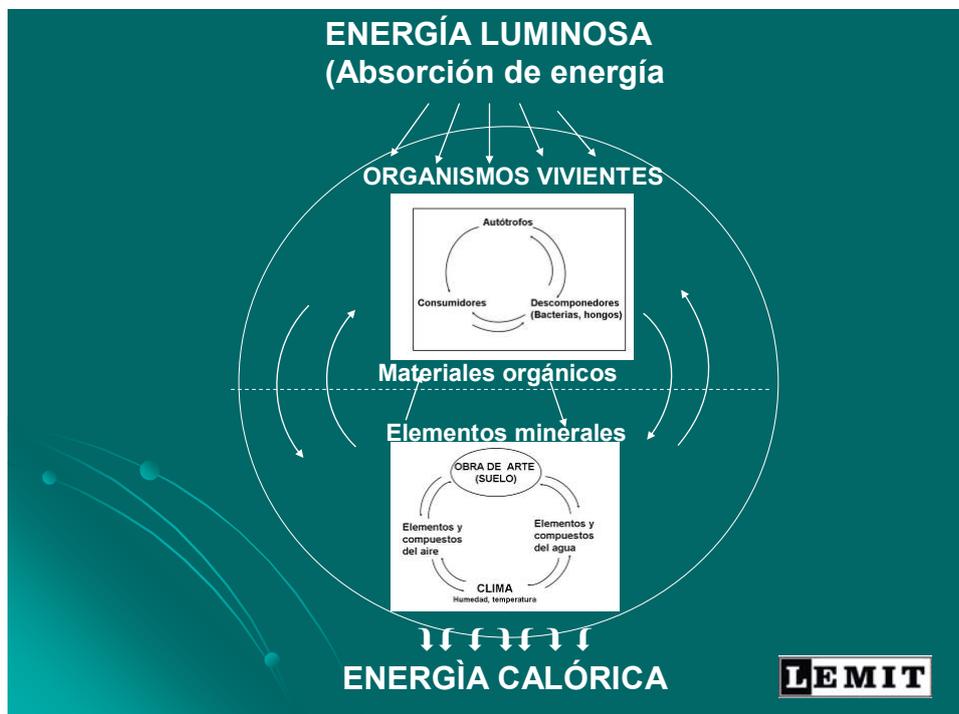


Figura 1- Interrelación de monumentos, ambiente físico y seres vivos. (De Caneva, Nugari y Salvadori, 2003)

Existe una estrecha relación entre el tipo de sustrato (la obra artística, que en este caso es una construcción y que será más o menos susceptible al ataque biológico según su composición química, pH y porosidad entre otras características), las condiciones ambientales (por ejemplo, factores del clima como humedad relativa y vientos) y el deterioro causado por los organismos colonizantes, los que forman una comunidad y a su vez influyen en las condiciones del microhábitat (por ejemplo, el mucílago que rodea las colonias de cianobacterias absorbe el agua, protegiendo a estos microorganismos de la desecación). A su vez, los organismos presentes dependerán del tipo de sustrato, y estarán limitados por factores del medio como disponibilidad de agua y luz. También es importante considerar la influencia de la contaminación atmosférica, que restringe el desarrollo de los seres vivos, pero a la vez es dañosa para el monumento.

Durante los relevamientos de edificios con valor patrimonial realizados por el LEMIT se hallaron organismos de todo tipo:

-Bacterias y cianobacterias

-Algas

-Hongos y líquenes

-Musgos

- Plantas vasculares

-Animales

Todos estos organismos van a actuar por dos mecanismos principales:

- Físicos, ya que causan daños y rotura por crecimiento o movimiento. Aquí se debería incluir al vandalismo
- Químicos, debidos a la actividad metabólica de los organismos, ya sea para la nutrición o la excreción. Intervienen diversas sustancias como:
 - o **Ácidos orgánicos e inorgánicos**
 - o **Sustancias quelantes**
 - o **Álcalis**
 - o **Enzimas**
 - o **Pigmentos**

Desde luego, habrá distintos organismos colonizando distintos sustratos y su acción será distinta según el caso, de modo que se considerará cómo se produce el deterioro en los distintos materiales que forman parte de las construcciones pertenecientes al patrimonio.

BIODETERIORO DE ROCAS (naturales y artificiales)

Las rocas son agregaciones de uno (por ejemplo, calcita) o de más minerales (como los granitos)

Los estucos, morteros, y productos cerámicos (ladrillos, tejas) se consideran como rocas artificiales y son atacadas por los mismos agentes. Estos materiales en general tienen más porosidad, que les otorga mayor capacidad de retener agua, favoreciendo a su vez el establecimiento de la microflora.

Están sujetos al ataque de bacterias, organismos microscópicos, de organización muy simple que, pese a su pequeño tamaño y su morfología sencilla (Figura 2), abarcan grupos muy diversos y especiales por su metabolismo y fisiología. Entre estos grupos, debemos mencionar especialmente aquellos capaces de alterar los sustratos:

- Bacterias sulfooxidantes: generan ácido sulfúrico que se combina con la roca dando sulfatos
- Bacterias del nitrógeno: como producto de su metabolismo liberan ácido nítrico

- Bacterias heterótrofas: generan ácidos orgánicos que reaccionan y dan productos de quelación

Las bacterias atacan la roca por vía química y las alteraciones que producen en la piedra no se distinguen de aquellas puramente químicas:

- costras negras,
- pulverización,
- exfoliación.

Pero el ataque bacteriano no se considera relevante a menos que el número de bacterias presentes sea muy elevado. En los relevamientos efectuados se han detectado bacterias de tipo bacilo en los revestimientos de roca de una Basílica construida a fines del s XIX, aunque luego se comprobó que las alteraciones observadas se deben más que nada a mecanismos de transporte de agua e intercambio de iones en la roca de revestimiento, notándose depósitos de O_2Mn .

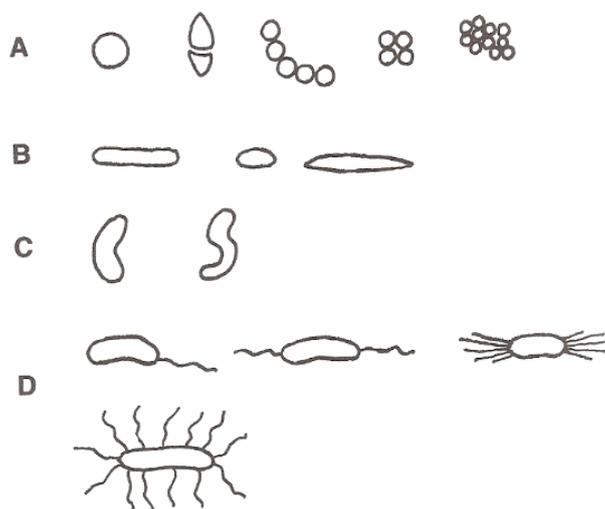


Figura 2 - Formas de bacterias. A: Cocos- B: Bacilos. C y D: Vibriones y espirilos (D: Formas monotricas, anfitricas y peritricas)

Los monumentos también se ven afectados por algas y cianobacterias, que pese a ser organismos distintos, en este caso se mencionan juntos porque comparten el mismo nicho ecológico. Tienen formas de vida similares, ya que se trata de organismos fotosintéticos que, debido a esa característica, sólo pueden desarrollarse en superficies donde reciban iluminación suficiente.

Las **cianobacterias** están recubiertas por vainas mucilaginosas que absorben y retienen agua. Esto les permite soportar períodos más prolongados de desecación, pero estos cambios de volumen debidos a la variación del contenido de agua afectan al sustrato.

Entre los grupos de algas que colonizan edificios y monumentos están las **Chlorophyta** (algas verdes) y las **Bacillariophyceae** (diatomeas), ligadas a lugares con más disponibilidad de agua, como las fuentes, que son capaces de tomar silicio del medio para

generar su frústulo o cubierta de sílice. En general, se hacen visibles como pátinas de diversos colores.

Las colonias de cianobacterias como *Nostoc*, *Oscillatoria* o *Scytonema* forman colonias de colores violáceos a negro; las clorofitas (*Chlorococcus*, *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Ulothrix*) en general generan pátinas verdes, delgadas y adheridas al sustrato (Figuras 3 y 4).

Tanto las algas como las cianobacterias tienen una acción mecánica ya que aumentan o disminuyen de tamaño al humedecerse o secarse. También tienen acción química ya sea por tomar elementos del sustrato o bien debida a las sustancias que liberan al medio.

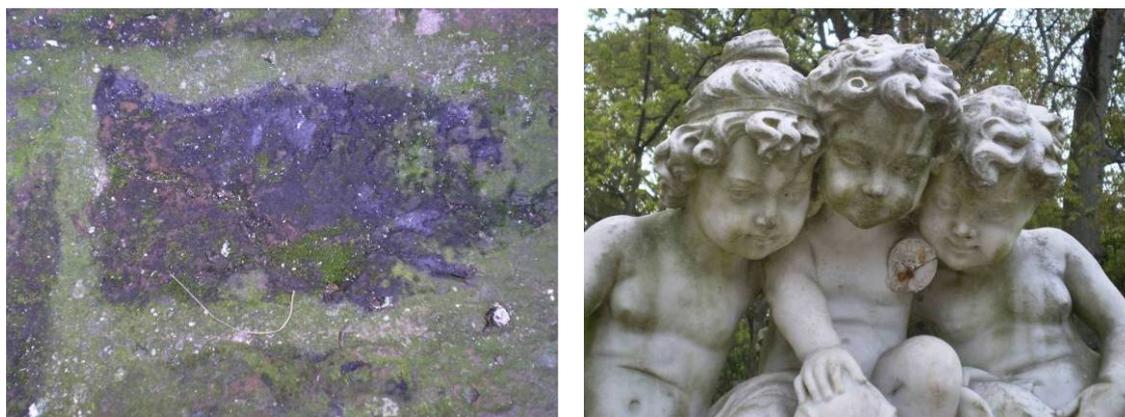


Figura 3 - Pátina de cianobacterias.

Figura 4: Pátina verde, probablemente de algas clorofitas.

En los monumentos de La Plata y alrededores se observan con frecuencia pátinas verdes, como en la Catedral, la iglesia de Santa Clara en Domselaar, o monumentos funerarios en el cementerio.

Se hallaron diatomeas al examinar muestras de un dique de la Provincia de Tucumán, pero en este caso, se trata de una especie planctónica, que vive flotante en el agua y que en este caso, quedaron depositadas en la pared del dique sin que se les pueda atribuir un efecto negativo sobre la superficie (Figura 5).

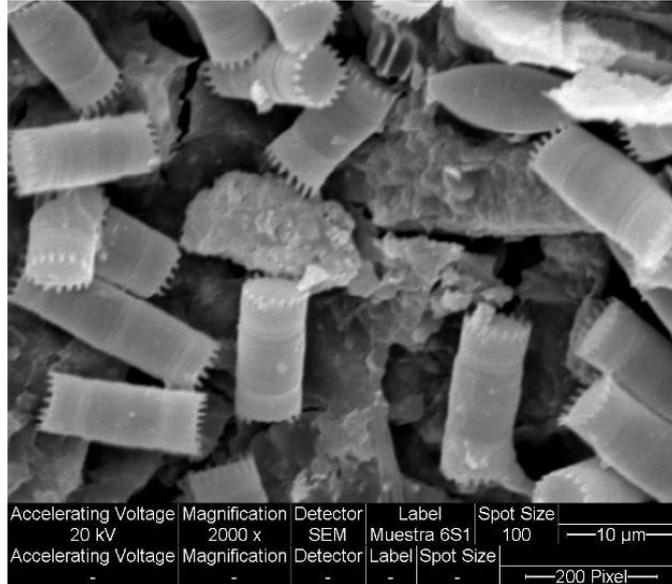


Figura 5 - Imagen de microscopía electrónica de diatomeas observadas sobre el muro del dique de la provincia de Tucumán (De Rosato, 2008)

Existen además especies **endolíticas** que pueden vivir dentro de la roca. Se dividen en

- **Casmoendolíticas**: habitan fisuras y cavidades preexistentes.
- **Criptoendolíticas**: habitan fisuras y cavidades estructurales en las rocas porosas.
- **Euendolíticas**: que penetran activamente en el sustrato.

En cuanto a los hongos son comunes en muros húmedos y lugares sombríos y pueden ser unicelulares (como las levaduras) o tener micelio formado por filamentos llamados hifas. Carecen de clorofila, por lo que no pueden fotosintetizar, de modo que son heterótrofos que se nutren de la materia orgánica presente en el medio.

Los hongos miceliares tienen la capacidad de actuar mecánicamente, ya que al absorber agua y desarrollarse, las hifas adquieren turgencia y ejercen presión sobre el sustrato.

También actúan químicamente porque absorben iones del medio y liberan ácidos orgánicos, como el ácido oxálico o glucurónico.

Los hongos tienen mecanismos de reproducción

-**Sexuales**: se da por la unión de dos gametas o en algunos casos, por la unión de hifas. Luego de este paso, suceden diversos eventos que lleva a la formación de cuerpos fructíferos en el caso de Ascomycota (por ejemplo, las morillas, el llao-llao) o los Basidiomycota (hongos en sombrero, hongos en repisa).

Reproducción asexual: Los hongos pueden producir esporas asexualmente por **mitosis**. En algunos casos, las esporas se generan dentro de un **esporangio**, como en los mohos algodonosos (Zygomycota).

En otros grupos (Ascomycota, Basidiomycota), las esporas se producen externamente y no están reunidas dentro de una membrana, que se denominan *conidios*.

Existen muchos hongos que no tienen reproducción sexual conocida y sólo se ha observado que se reproducen originando numerosos conidios.

Por este motivo se los conoce como **Fungi Imperfecti** u **Hongos Imperfectos**, vulgarmente llamados mohos, que incluyen especies de gran importancia como sucede en el género *Penicillium*: hay productores de antibióticos, otros productores de toxinas, especies que echan a perder los alimentos, otras de importancia sanitaria, etc.

Existen diversas especies de Hongos Imperfectos cuyas colonias forman manchas oscuras en las paredes. En una muestra de roca calcárea de revestimiento se aisló el moho *Aspergillus fumigatus* (Figura 6).



Figura 6 - Aspecto microscópico del moho *Aspergillus fumigatus*.

El daño que causan es principalmente de naturaleza estética, por alteraciones de la coloración, ya que los mecanismos de deterioro antes mencionados son muy lentos y graduales.

Sin embargo, no se debe perder de vista un hecho muy importante: **el aspecto sanitario**, porque entre los mohos que colonizan las paredes en los interiores de las casas se encuentran especies **causantes de alergias** (Figura 7).



Figura 7 - Iglesia de Magdalena. Paredes afectadas por colonias de bacterias y mohos.

También se debe tener en cuenta el rol principal que asumen los hongos en el deterioro de la madera, tal como se observó en los tirantes del techo de la iglesia San José Obrero de Berisso. Hay dos mecanismos principales de deterioro:

- **Pudrición blanca:** el hongo degrada la lignina y queda la celulosa. La madera se vuelve blanca, de ahí el nombre. (Figura 8)
- **Pudrición parda:** el hongo degrada la celulosa y queda la lignina, de color rojizo. (Figura 9)



Figura 8 - Madera afectada por pudrición blanca.

Figura 9 - Madera afectada por pudrición parda.

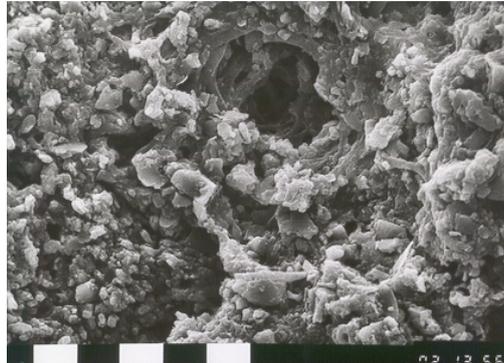
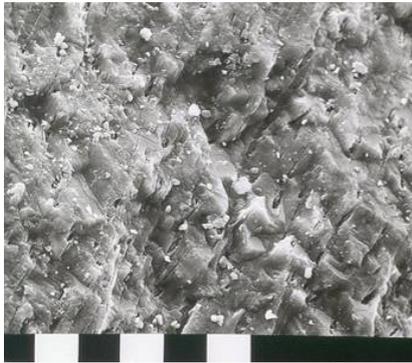
En tales casos, el material es utilizado como alimento, de modo que el ataque es enzimático y provoca un verdadero debilitamiento de la madera.

Entre los hongos, existen algunos con un modo de vida particular: los líquenes, que son el resultado de la simbiosis entre un hongo (micobionte) y un alga (ficobionte), que forman colonias de varios centímetros de diámetro, a menudo de colores vivos (amarillo, anaranjado) o bien blancos, pardos u oscuros, que contrastan con el color de las superficies que ocupan (Figura 10 y 11). Aparte del daño estético, los líquenes afectan al sustrato por acción mecánica de las *hifas* (filamentos del micobionte) y por acción química (acción

quelante de las sustancias líquénicas) o bien por combinación de ácido oxálico con el calcio presente en el sustrato para dar oxalato de calcio (Figuras 12, 13 y 14).



**Figura 10 - Palacio Municipal de Coronel Pringles: Pared colonizada por *C citrina*.
Figura 11 - *Caloplaca citrina* y *Physcia caerulescens***



**Figura 12 - Granito no colonizado.
Figura 13 - Granito afectado por *Caloplaca citrina*.
Figura 14 - Granito atacado por *Lecanora albescens*. (De Rosato, 2001)**

Los líquenes se reproducen del mismo modo que los hongos, pero a esto se agrega que tienen medios de reproducción conjunta del hongo y del alga por propágulos, llamados *isidios* y *soredios*.

Los isidios son corpúsculos formados por una corteza del hongo y una médula constituida por micelio y células algales, en tanto los soredios son ovillos de hifas laxamente dispuestas envolviendo las algas.

En el caso de los líquenes que colonizan edificios o monumentos, es importante tener en cuenta si tienen isidios y soredios, porque una limpieza sin aplicar un tratamiento biocida sólo contribuirá a expandirlos: al eliminar los líquenes mediante hidrolavado, la superficie queda irregular y más porosa (Figuras 15 y 16). A la vez, el agua a presión elimina los líquenes, pero además contribuye a dispersar los isidios o soredios, que comienzan a desarrollarse y colonizan nuevamente la superficie en períodos que van de seis meses a un año. Esto se ha notado en la Municipalidad de Olavarría y el Monumento a la Madre, en dicha ciudad.



Figura 15 - Imagen de microscopio de un corte delgado de material colonizado hidrolavado a 80 bar.

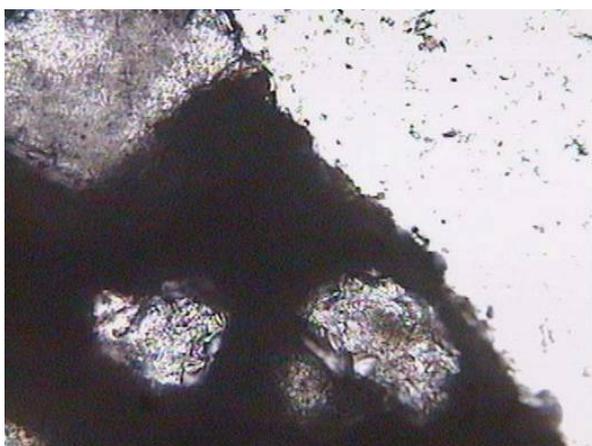


Figura 16 - Imagen de microscopio de un corte delgado de material no colonizado, hidrolavado a 100 bar.

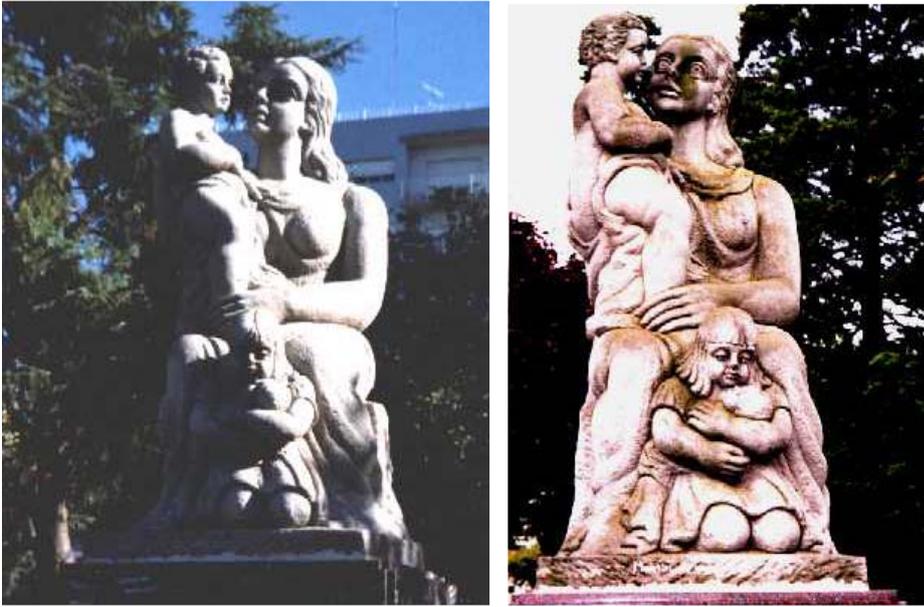


Figura 17 - Monumento a la Madre, Olavarría, luego de la limpieza

Figura 18 - Monumento al año de la limpieza: se observan las manchas amarillas de las colonias de líquenes

También se estudiaron extensas colonizaciones de líquenes en el palacio Municipal de Coronel Pringles y el techo de tejas de la iglesia San José Obrero de Berisso, prácticamente cubierto por un líquen folioso (*Xanthoparmelia microspermum*), cuyos ricines (estructuras a modo de raíces que se adhieren a la superficie) pueden también causar daño (Figuras 19 y 20).



Figura 19 - Techo de la iglesia de San José Obrero colonizado por *Xanthoparmelia microspermum*.

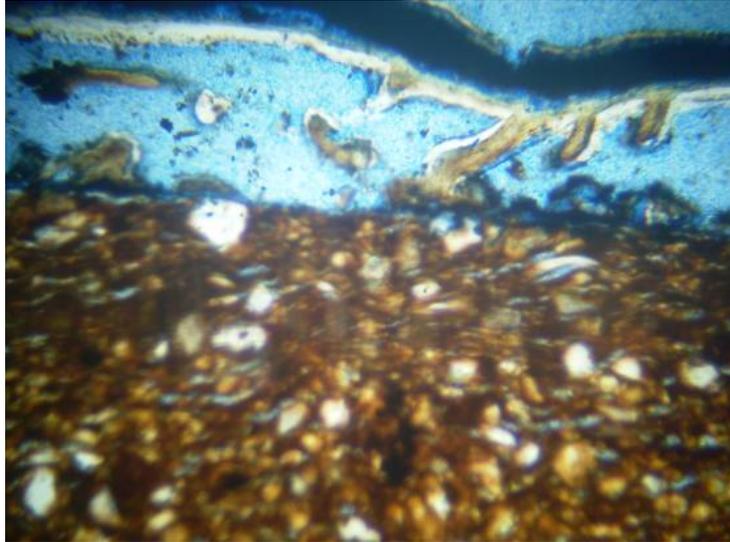


Figura 20 - Imagen de una sección delgada de la teja colonizada por el líquen vista con el microscopio.

Otra importante característica de los líquenes es su capacidad de colonizar diversos sustratos: durante los relevamientos realizados se los encontró en las barandas metálicas de un puente (Figura 21) e incluso otra especie creciendo sobre material asfáltico.



Figura 21 - Líquenes sobre la baranda metálica del puente La Postrera sobre el Río Salado.

En cuanto a los musgos, se trata organismos fotosintéticos que se desarrollan formando colonias macroscópicas, bien visibles. Cada planta individual tiene *rizoides* a modo de raíces; *cauloides* a modo de tallos y *filoides* a modo de hojas y las estructuras reproductivas están formadas por un *pie*, una *seda* o estructura erguida y delgada que termina en una *cápsula* con una tapa u *opérculo* donde se forman las esporas.

Colonizan lugares húmedos y así es que se los ha encontrado en muros de ladrillo en lugares sombreados y poco expuestos, como en la Catedral de La Plata o la iglesia de Santa Clara en Domselaar (Figura 22).



Figura 22 - Musgo sobre la Catedral de La Plata



Figura 23 - Musgos sobre la tejas del taller del pintor-poeta Alejandro Bustillo en Berazategui

Los musgos tienen la capacidad de provocar daños a las superficies colonizadas por la penetración de los rizoides y se ha comprobado que al menos algunas especies son capaces de absorber Ca del sustrato. Sin embargo, como en el caso de los líquenes, no siempre es recomendable su eliminación: en el caso de la casa del pintor-poeta Alejandro Bustillo en Berazategui, se observó una densa colonización de musgos en las tejas (Figura 23) y se estimó que si se los quitaba, las tejas quedarían más porosas y podrían sufrir daño por el impacto directo de las gotas de lluvia.

En el caso de un dique ubicado en la Provincia de Tucumán se encontró que estaba densamente colonizado por musgos y también se estimó que, en realidad, esta cubierta protegía a la estructura contra el impacto de rocas y guijarros arrastrados por la corriente.

También los helechos y plantas con flores causan daños importantes, ya que la presión ejercida por las raíces agranda las grietas, de modo que el deterioro que causan es principalmente de tipo mecánico, aunque las raíces también intercambian iones con el medio y pueden provocar daños de tipo químico. Se observó el crecimiento de plantas en distintos sitios, como en la capilla de San Pedro, en Villa Garibaldi, la iglesia de San Benjamín en Los Hornos o la misma Catedral de La Plata.



Figura 24 - Helechos en la capilla de San Pedro, villa Garibaldi.

Figura 25 - "Besitos porteños" (*Cymbalaria muralis*) en la Catedral de La Plata.

Ya sean helechos o plantas, lo conveniente es aplicar un herbicida y retirar las plantas secas, ya que así se facilita limpiarlas, porque al secarse la raíz ofrece menos resistencia a ser quitada y no hay riesgo de aumentar el daño profundizando la grieta.

En los casos mencionados anteriormente es necesario recurrir a **biocidas**. Pero para esto, debe cumplir ciertas condiciones:

- Ser específico
- No reaccionar con el sustrato
- No ser tóxico para las personas.

Existen diversos tipos de biocidas:

-**Inorgánicos**: hipoclorito de sodio (lavandina); peróxido de hidrógeno (agua oxigenada)

-**Orgánicos**: sales de amonio cuaternario

Por último, existen animales capaces de deteriorar seriamente los materiales. Entre los grupos conocidos citaremos:

- **Phylum Arthropoda**: Clase **Insecta** Causan daños graves a las maderas, ya que se alimentan de las mismas, capacidad que tienen gracias a los organismos simbióticos degradadores de celulosa que habitan en su aparato digestivo.

- **Phylum Chordata**: Clase **Aves (Columbiformes-palomas)**
Clase **Mammalia (Chiroptera-murciélagos)**

En este caso, los daños son resultado de la actividad de los animales y el deterioro químico provocado por sus excretas.

Entre los insectos, son sumamente importantes los Isoptera (termitas), por los daños que ocasionan a las estructuras de madera y que sólo en EE.UU causa daños por valor de xxxx millones de dólares. En los edificios inspeccionados por el LEMIT hasta ahora, no hemos hallado problemas ocasionados por estos insectos. Sin embargo, han sido motivo de titulares periodísticos debido a la amenaza que representan para las estructuras de madera de la Ciudad Prohibida en Beijing (China).

Hay otros insectos, como taladros y carcomas, que también dañan la madera y son corrientes en nuestra zona, habiéndose notado su presencia, por ejemplo, en el taller del pintor-poeta Alejandro Bustillo, en Berazategui.



Figura 26 - Madera afectada por carcoma, en el taller del poeta-pintor A. Bustillo, en Berazategui.

Figura 27 - Papel y madera afectados por carcoma en el taller del poeta-pintor A. Bustillo, en Berazategui.

En cuanto a las aves, en particular las palomas comunes (*Columba livia*) no es sencillo controlarlas, porque se reproducen en gran número, son muy adaptables y los edificios y torres altas hacen las veces de acantilados, lugares donde anidan naturalmente. Durante los relevamientos realizados por personal del LEMIT, se observaron palomas en todos los sitios, aunque no tenemos experiencia directa en el control de las mismas. No existe un método económico y eficaz: los alambres y redes antipaloma no logran un control total y las aves logran acomodarse e incluso anidar entre las púas (Figura 28 y 29).



Figura 28 - Paloma anidando entre la púas del alambre antipaloma, La Plata.

Figura 29 - Palomas que burlaron la red antipaloma, Iglesia Santa Clara de Domselaar

Hay una posible solución constructiva para las cornisas, ya que las palomas no pueden posarse en superficies con inclinación mayor de 60°, aunque se ha visto que no siempre es así, como sucede en la Catedral de La Plata (figura 29).



Figura 29 - Palomas posadas en una cornisa empinada, en la Catedral de La Plata.

Entre los sistemas que funcionan se cuentan:

- Ultrasonido: emite ondas de frecuencia muy aguda, no audibles para los humanos, pero sí para las aves y murciélagos. Es un sistema costoso.
- Emisión de baja frecuencia: es costoso, pues se trata de un sistema eléctrico que emite ondas de baja frecuencia que molestan a las aves en el momento que se

acercan y antes de que puedan posarse, obligándolas a alejarse y sin causarles daño alguno. El inconveniente, al igual que en el caso anterior, es el cableado y el número de parlantes necesarios, especialmente cuando el perímetro a proteger es muy extenso.

La introducción de predadores (halcones) es costosa, por el tiempo y el dinero que se requiere para adiestrar un halcón, pero muy efectivo para espantar a las aves de aquellos sitios donde no se desea su presencia. Se trata de dejar volar el halcón y alimentarlo, de modo que las palomas noten la presencia de la rapaz y se vayan. Este método fue utilizado hace tres años en la Catedral de La Plata, logrando buen éxito, pero luego se abandonó por motivos económicos.

Los cebos anticonceptivos también son una buena solución, tal como demuestra la experiencia de Venecia. Aunque actúan a largo plazo, reducen efectivamente la población y tienen la ventaja de no interferir en la interacción de palomas y humanos, ya que se entrega o vende el alimento con hormonas, y así la gente puede alimentar a las palomas a la vez que contribuye a su control poblacional. Esto requiere regulación y control por parte de las autoridades: es necesario que se difunda y se informe al público. En Venecia, por ejemplo, se cobra una multa de mil euros por alimentar a las palomas con alimento sin tratar.

CONSIDERACIONES FINALES

En la Provincia de Buenos Aires, especialmente la zona costera del Río de La Plata., se dan condiciones de clima favorable para el desarrollo de organismos que deterioran monumentos del patrimonio. En los relevamientos efectuados se detectaron diversos organismos de todos los grandes grupos existentes en la naturaleza, afectando de diversas maneras a los edificios pertenecientes al patrimonio arquitectónico. La correcta identificación de los mismos y el conocimiento de su biología son importantes para recomendar los métodos adecuados de control y limpieza, o bien, en otros casos, la posibilidad de no intervenir.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del área de geología del LEMIT por la colaboración en la preparación de los cortes delgados y al Lic. Manuel Ponce por las imágenes obtenidas del microscopio.

REFERENCIAS

Alexopoulos y Mims. Introductory Mycology.

Bech-Anderson, J. 1972- Biodeterioration of natural and artificial stone caused by algae, lichens, mosses and higher plants. **En** : *Biodeterioration VI. Proceedings of the Sixth International Biodeterioration Symposium*: 126-131. CAB International Mycological Institute.

Bourelly P, (1972). Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. I. Les algues vertes. Boubée & Cie. Paris. V. 1: 572 pp.

Caneva G., Nugari M.P., y Salvadori O., 2003- "La Biología nel restauro." Nardini Editori, Firenze (Cuarta Ed.)

Dornieden T., Gorbushina A.A. 2000- New methods to study the detrimental effects of poikilotroph microcolonial micromycetes (PMM) on building materials. **EN** Fassina V. (Ed.): *Proceedings of the 9th, International Congress on Deterioration and conservation of Stone, Venice, June 19-24, 2000.*- Elsevier, Amsterdam , vol 1: 461-468

VII Jornada "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio"

- Gaylarde C. 2001.- O papel das cianobactérias na deterioração de prédios de património cultural." EN Videla H.A.: "Biodeterioro de monumentos históricos de Iberoamérica" 1ª Reunión Internacional de la Red Temática XV-E, Sevilla, España, Febrero de 2000
- Lazzarini L., Tabasso M.L. 1994- *Il restauro della pietra*. 320 pp. CEDAM, Padua.
- Ozenda P., Clauzade G. (1970). *Les Lichens. Étude biologique et flore illustrée*. Masson et. Cie.Paris.
- Nimis P.L., Pinna D. y Salvadori O. 1996 "Licheni e conservazione dei monumenti". Ed. CLUEB, Bologna, 1996, pp. 165.
- Rosato, V.G. 2002 "Hidrolavado de superficies colonizadas por líquenes en monumentos y edificios históricos". I Jornada Técnicas de restauración y conservación del patrimonio. La Plata, 6 de septiembre de 2002. (Editado en CD).
- Ribas Silva M (2000) L'aide du programme Minéraux à l'étude de la biodétérioration du béton, e-ISBN: 2351580133 (pro020) Proceedings of the 1st. International RILEM Workshop Microbial Impact on Building Materials, Sao Paulo, 6-7 de julio de 2000. Published in CD
- Rosato, V. G. 2008 - Pathologies and biological growths on concrete dams in tropical and arid environments in Argentina. *Materials and Structures* 41:1327-1331 DOI 10.1617/s11527-007-9331-0
- Saiz -Jiménez C. y Ariño X. 2001- Colonización biológica y deterioro de morteros por organismos fotótrofos. EN Videla H.A.: "Biodeterioro de monumentos históricos de Iberoamérica" 1ª Reunión Internacional de la Red Temática XV-E, Sevilla, España, Febrero de 2000.