

Arqueología Rosarina Hoy

Número 2



Centro de Estudios Arqueológicos Regionales
Facultad de Humanidades y Artes
Universidad Nacional de Rosario

Octubre de 2010
Rosario, Argentina.

ISSN 1850-664X

BIODETERIORO DE DIFERENTES SITIOS ARQUEOLÓGICOS MEXICANOS

Patricia Sandra Guiamet (*1 y 2)
Sandra Gabriela Gómez de Saravia (*1 y 3)



(*1)INIFTA. Departamento de Química. Facultad de Ciencias Exactas. UNLP CCT La Plata-CONICET, C.C. 16, Suc. 4, 1900, La Plata, Argentina. Tel: 221-4257430.
E mail: pguiamet@inifta.unlp.edu.ar (*2) CONICET. (*3)CIC.

Resumen

Con el objetivo de determinar las principales causas del biodeterioro de la roca, se estudiaron sitios arqueológicos correspondientes a la ruta Puuc (Uxmal, Labná, Sayil y Kabah) y a la fortaleza de Tulum, ubicados en el Estado de Quintana Roo, Península de Yucatán y a las ruinas de Mitla, localizadas en el estado mexicano Oaxaca. Las mismas, son afectadas no solo por las condiciones ambientales sino también por la presencia de biofilms que las modifican estéticamente e intervienen en el proceso del biodeterioro a lo largo del tiempo. El medio ambiente en el que se encuentra la fortaleza de Tulum es altamente agresivo por su proximidad al mar. Varias de las paredes externas de los sitios arqueológicos de Tulum y la ruta Puuc expuestas, presentaron depósitos de color marrón oscuro a negruzco y abundantes depósitos verdosos en las paredes internas. Debido al valor cultural de estas construcciones, los muestreos se realizaron utilizando técnicas no destructivas. Para la identificación de los microorganismos se utilizaron observaciones microscópicas, técnicas de aislamiento y pruebas bioquímicas. A partir de estas se determinaron diferentes géneros de bacterias, hongos, cianobacterias, algas y líquenes. Finalmente se realizaron estudios de superficie por dispersión de rayos x (EDX).

Abstract

The archeological sites in the Puuc road (Uxmal, Labná, Sayil and Kabah) and the fort of Tulum, in the State of Quintana Roo, Peninsula of Yucatán and the ruins of Mitla, in the Mexican State of Oaxaca, were studied with the aim to determine the main causes of the biological deterioration of the rock. These were not only affected by the ambiental conditions, but also by the presence of biofilms which modify them aesthetically and take part in the process of biological deterioration throughout time. The environment were the fort of Tulum is found is highly aggressive because of its proximity to the sea. Many of the exposed external walls of the archaeological sites of Tulum and the Puuc road present a dark brown to blackish deposit, and plenty greenish deposits in the internal walls. Due to the cultural value of these constructions, the samplings were taken using non-destructive techniques. Microscopic observations, aisolation techniques and bioquimic tests were used for the identification of microorganisms. Diferent genders of bacteria, fungi, cianobacteria, algae and lichens. Finally, superficial studies by energy dispersive X-ray (EDX) were made.

Palabras claves. biodeterioro, patrimonio cultural, roca, biofilms, sitios arqueológicos.

Key words. biological deterioration, cultural patrimony, rock, biofilms, archaeological sites.

Introducción

El biodeterioro de la propiedad cultural es el daño físico o químico efectuado por diferentes tipos organismos en objetos, monumentos o edificios que pertenecen al patrimonio cultural

(Videla 1996). Los factores ambientales como las elevadas temperaturas (frecuentes en estos sitios arqueológicos, la humedad relativa y la polución natural y antropogénica juegan un rol decisivo en el tipo de deterioro (Videla 1998). Bacterias, cianobacterias, hon-

gos, algas, líquenes, musgos, plantas superiores y artrópodos están involucrados en el biodeterioro de monumentos pertenecientes al patrimonio cultural (Saiz-Jimenez 1994).

Las bacterias son capaces de obtener diferentes elementos para su metabolismo (ej. calcio, aluminio, sílice, hierro y potasio a través de procesos de biosolubilización).

Los hongos pueden degradar la roca tanto química como mecánicamente (Koestler et al. 1988). Estos producen una amplia variedad de ácidos orgánicos e inorgánicos que pueden desmineralizar los sustratos rocosos, en este sentido deben mencionarse a los actinomicetes que atacan a los monumentos de arenisca (Griffin et al. 1991).

En los últimos años se han llevado a cabo estudios sobre el deterioro que ejercen los organismos fotótrofos (cianobacterias, algas, líquenes, musgos y plantas vasculares) sobre el patrimonio histórico-cultural de un país. Los resultados de estos estudios indican que los mismos participan activamente en los procesos de deterioro de materiales de construcción (Saiz-Jiménez y Ariño 000).

Las cianobacterias y las algas, clorofitas, crisofitas y diatomeas forman costras pigmentadas que afectan al sustrato estéticamente y provocan deterioro físico y químico de la roca (Ortega-Calvo et al. 1991). Su presencia se reconoce a través de la formación de pátinas. Las cianobacterias epilíticas juegan un papel importante en la disolución del carbonato de la roca caliza, pudiendo provocar el desprendimiento de partes de la misma, debido a una disminución en la coherencia de los cristales alrededor de las colonias (Ortega-Calvo et al. 1991). Este deterioro es de tipo biogeofísico atribuido a la mineralización de la clorofila presente en las biofilms de cianobacterias y algas

(Warscheid 1991; Warscheid y Braams 2000).

Los líquenes están asociados con el deterioro de la roca de una manera similar a los musgos y a las plantas superiores (Monte 1991). Por ejemplo, en el mármol los líquenes endolíticos pueden secretar ácido oxálico que lo ataca, precipitando como oxalato de calcio dihidratado y formando una pátina de oxalato. Los musgos a través de los rizoides, pueden penetrar en la roca provocando agujeros ("pitting") (García de Miguel et al. 1995). La acción de las plantas vasculares en el deterioro de la roca puede ser mecánica, a través del crecimiento de raíces, o química, por la acidez de las raíces y diversos exudados (Saiz Jiménez 1994).

El objetivo de este trabajo fue estudiar las principales causas de los procesos de biodeterioro que afectan los sitios arqueológicos de la ruta Puuc (Uxmal, Labná, Sayil y Kabah), Tulum y Mitla.

Métodos de estudio. Muestreo.

En la Ruta Puuc se tomaron muestras en los siguientes sitios arqueológicos: a) Uxmal: 1) costras superficiales de una pared contigua a la Pirámide del Adivino, 2) de una pared interna del Palacio del Gobernador que mostraba abundantes depósitos verdosos; b) Labná: 1) Mirador (cuarto interior con biofilm verde) y 2) Pórtico (pared lateral con biofilm negro); c) Sayil: 1) Palacio Norte planta baja y 2) Palacio Norte; c) Kabah.: 1) Pasaje bajo escalera y 2) Templo de las columnas. En Tulum las muestras se tomaron de: 1) una de las paredes interiores del Templo del Viento y 2) una pared externa de la Casa del Cenote. Todas estas construcciones son de roca caliza.

En el sitio arqueológico de Mitla se tomaron 4 muestras, una correspondió a la gárgola de una iglesia sobre la que se observó biofilms verdes y de color blanquecino. Las tres restantes correspondieron a diferentes paredes de una tumba (pared derecha, pared izquierda y pared superior) sobre las que se observaron biofilms verdosos y blancos. El sistema constructivo de estas ruinas, consiste en un núcleo de bono y piedras con el que se consigue la forma general del edificio que está revestido con lajas calizas.

Debido al valor cultural de los sitios arqueológicos los muestreos se realizaron utilizando técnicas no destructivas (Gaylarde y Morton 1999). Los biofilms se desprendieron de la superficie de la roca con una espátula estéril y se colocaron en frascos también estériles que luego se transportaron al laboratorio, donde el material fue dividido para realizar los análisis microbiológicos, químicos, microscópicos y mineralógicos (análisis de dispersión de rayos x, EDX).

La revisión de cada una de las muestras incluyó una descripción morfológica y dibujos de cada una de las especies encontradas, con el auxilio de un microscopio óptico equipado con una cámara clara. La información obtenida se analizó consultando claves de sistemática y bibliografía especializada (Bourrelly 1972; Carmichael et al. 1980; Thom y Raper 1945; Desikachary 1959; Komarek y Anagnostidis 1986; Bourelly 1985).

Para determinar bacterias y hongos se utilizaron diferentes medios de cultivos (Guimet et al. 2007). Posteriormente se procedió al aislamiento de colonias y se realizaron coloraciones de Gram, pruebas bioquímicas y tipificaciones. Cada una de las muestras tomadas se suspendió en solución salina isotónica y

luego se sembraron en los siguientes medios de cultivo: agar nutritivo y agar CPS para bacterias aeróbicas heterotróficas mesófilas totales; medio líquido para bacterias de actividad acidificante; medio líquido de Postgate C para bacterias reductoras de sulfato (BRS) y medio DRCM para bacterias reductoras de sulfito. El agar YGC fue utilizado para el aislamiento de hongos y levaduras.

Se observaron pequeñas porciones del material provenientes de los diferentes sitios arqueológicos en lupa estereoscópica (Leica Wild M8), en el microscopio electrónico de barrido (MEB) (Philips 500) y se analizaron utilizando estudios de EDX.

Resultados y Discusión.

Sitios arqueológicos de Ruta Puuc (Uxmal, Labná, Sayil y Kabah) y Tulum.

Las observaciones de las muestras, realizadas en el microscopio óptico (40 X) revelaron la presencia de abundantes bacterias móviles y escasas células filamentosas.

Las bacterias aeróbicas identificadas en los diferentes monumentos muestreados del centro urbano de Uxmal y Tulum pueden observarse en la Tabla 1.

En Tulum tanto en la Casas del Cenote como en el Templo del Viento fueron halladas bacterias reductoras de sulfato (BRS).

En la tabla 2 se observan los recuentos microbianos correspondientes a la Ruta Puuc y Tulum utilizándose diferentes medios de cultivo para cada grupo microbiano investigado. Los valores de los recuentos bacterianos efectuados en agar nutritivo y en agar CPS arrojaron una marcada diferencia

Bacterias identificadas	Uxmal (pared interna Palacio del Gobernador)	Uxmal (pared contigua Pirámide del Adivino)	Tulum (pared interna Templo del Viento)	Tulum (pared externa Casa del Cenote)
<i>Pseudomonas sp.</i>	+	+		
<i>Bacillus circulans</i>			+	+
<i>Bacillus cereus</i>	+	+		

Tabla 1. Bacterias identificadas en los sitios arqueológicos de Uxmal y Tulum.

Muestras	Bacterias heterótroficas Agar nut. UFC/cm ²	Bacterias heterótrofica s Agar CPS UFC/cm ²	Bacterias acidificantes mo/cm ²	BRS mo/cm ²	<i>Clostridium sp.</i> DRCM	Hongos y levaduras Agar YGC UFC/cm ²
Tulum (Pared interna Templo del Viento)	70. 10 ²	30.10 ²	10 ³	1. 10	(+)	4. 10 ²
Tulum (Pared externa Casa del Cenote)	50.10 ²	> 400. 10 ⁴	10 ²	1. 10 ²	ND	4. 10 ²
Labna Mirador	20.10 ²	37. 10 ²	10 ²	ND	ND	ND
Labna Pórtico	202.10 ²	79.10 ³	ND	ND	ND	2. 10 ³
Sayil Palacio Norte planta baja	87.10 ²	163.10 ²	10 ²	ND	(+)	ND
Sayil Palacio Norte	18.10 ²	33.10 ²	10 ²	ND	(+)	2. 10 ²
Kabah Pasaje bajo escalera	38.10 ²	78.10 ³	10 ³	ND	ND	11. 10 ²
Kabah Templo de	161.10 ²	112.10 ⁵	ND	1. 10 ²	(+)	11. 10 ³

Tabla 2 Recuentos microbianos correspondientes a los sitios arqueológicos de la Ruta Puuc y Tulum. (mo/cm2: microorganismos por cm2 ND no desarrolla (+) desarrolló)

observándose un importante aumento del número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/cm²) en agar CPS que osciló entre 1 y 3 órdenes de magnitud respecto del recuento

realizado en agar nutritivo. Esto se debe a que las bacterias crecen favorablemente en un medio más rico en sales como es el agar CPS.

Los hongos identificados se observan en la Tabla 3. En Uxmal (pared contigua Pirámide

del Adivino) se aislaron hongos con mitosporas de pigmentación oscura. En Uxmal (pared interna Palacio del Gobernador) se aislaron hongos que no pudieron ser identificados.

En la tabla 4 se pueden observar las cianobacterias identificadas en los monumentos de los sitios arqueológicos de la Ruta Puuc y Tulum.

En Tulum, (pared interna Templo del Viento) se identificó la clorofita *Chlorella* sp. y (en la pared externa Casa del Cenote) se identificó la clorofita *Gongrosira* sp.

A través de las observaciones realizadas en el MEB se constató que las bacterias, los hongos y las cianobacterias colonizan la estructura cristalina de la roca. Hernández-Duque et al.

(1998) encontró en el interior de construcciones arqueológicas de Uxmal altas concentraciones de materia orgánica asociada a biofilms algales, indicando que la materia orgánica de tales superficies es aportada por vía fotosintética y suponiendo una dependencia trófica de las poblaciones bacterianas heterotróficas. Los biofilms algales y de cianobacterias participarían en los procesos de biodeterioro sirviendo de soporte a la población heterotrófica y a través de la degradación directa de los componentes del sustrato (Koestler et al. 1985; Gómez Alarcón et al. 1994).

Los perfiles de EDX de partículas redondas presentes en los depósitos verdosos de la pared interna del Palacio del Gobernador (Uxmal) revelaron picos elevados de calcio y picos más bajos de cloro, sílice, azufre y aluminio

Hongos identificados	Uxmal (pared Contigua Pirámide del Adivino)	Kabah Templo de las columnas	Kabah Pasaje bajo escalera	Sayil Palacio Norte planta baja	Sayil Palacio Norte	Tulum (pared interna Templo del Viento)	Tulum (pared externa Casa del Cenote)
<i>Aspergillus niger</i>		+	+		+		+
<i>Aspergillus</i> sp.						+	+
<i>Aspergillus ochraceus</i>			+			+	
<i>Monilia</i> sp.	+						
<i>Dreschlera</i> sp.						+	
<i>Nigrospora</i> sp.				+		+	
<i>Fusarium</i> sp.							+
<i>Rhodotorula</i> sp							+
Micelio sterilia	+					+	

Tabla 3. Hongos identificados en los sitios arqueológicos de Ruta Puuc y Tulum.

Cianobacterias identificadas	Uxmal (Pared interna Palacio del Gobernador)	Uxmal (Pared Contigua Pirámide del Adivino)	Tulum (pared interna Templo del Viento)	Tulum (pared externa Casa del Cenote)	Labna Mirador	Labna Pórtico	Sayil Palacio Norte	Sayil Palacio Norte planta baja	Kabah Pasaje bajo escalera	Kabah Templo de las columnas
<i>Gloeocapsa</i> sp.			+	+						
<i>Pleurocapsa</i> sp.			+							
<i>Gloeothece</i> sp.				+						
<i>Synechocystis</i> sp.			+							
<i>Synechococcus</i> sp.			+							
<i>Chlorogloeopsis</i> sp.			+							
<i>Chroococcoidosis</i> sp.			+							
<i>Xenococcus</i> sp.				+						
<i>Cyanocystis</i> sp.	+									
<i>Asterocapsa divina</i>			+			+		+	+	
<i>Chondrocystis dermochroa</i>				+				+		
<i>Chroococcus coharens</i>					+					
<i>Chroococcus minor</i>								+	+	+
<i>Chroococcus varius</i>			+		+	+				
<i>Gloeocapsopsis cyanea</i>			+				+			

Tabla 4. Cianobacterias identificadas en los sitios arqueológicos de Uxmal y Tulum.

(Videla et al. 2003). Estos datos concuerdan con estudios realizados en materiales estructurales semejantes a concreto (McCormack et al. 1996) donde se encontraron altos niveles de calcio lo que indicaría que el material base puede ser alterado. Según McCormack et al. (1996) el calcio puede ser desplazado de la matriz binaria de calcita por un mecanismo de intercambio de iones que involucra amonio y magnesio. La liberación de sodio, potasio, calcio, magnesio y aluminio podría ser usada como índice de biodeterioro.

En las muestras tomadas en el Templo del Viento y Casa del Cenote, se observaron elevados picos de cloro (de la atmósfera marina) y de calcio (de la biosolubilización de la roca caliza) y pequeños picos de azufre, sodio, aluminio y silicio. Los picos de azufre se pueden asociar a la presencia de bacterias reductoras

de sulfatos aisladas de los biofilms. De estos estudios de EDX se puede inferir una acción sinérgica entre el medio ambiente marino y los biofilms microbianos.

Datos aportados por Maldonado et al. (1998) y Maldonado y Veleva (1999) sobre corrosión atmosférica (salinidad y dióxido de azufre) correspondientes a la Península de Yucatán, muestran una velocidad de sedimentación más elevada en Tulum que en Uxmal debido a la proximidad del mar y que los promedios anuales de poluentes atmosféricos como cloruro y dióxido de azufre son claramente más elevados en la fortaleza de Tulum que en el Centro Urbano de Uxmal ratificando la mayor agresividad de la atmósfera marina..

Sitio arqueológico de Mitla.

Se encontraron bacterias aeróbicas heterotróficas mesófilas en niveles mayores de 104 UFC/cm² para los medios agar nutritivo y agar CPS. En todas las muestras fue encontrado el género *Bacillus* sp. Los hongos se desarrollaron solamente en la muestra tomada en la gárgola en valores de 17 x 10² UFC/cm² y en un valor de 74 x 10³ UFC/cm² en la muestra tomada en la pared superior de la tumba. Los hongos aislados fueron identificados como *Penicillium* sp. Bacterias reductoras de sulfito del género *Clostridium* sp. y BRS fueron aisladas solamente en la muestra de la gárgola y bacterias con actividad acidificante en valores entre 102 UFC/cm² y 104 UFC/cm² en todas

las muestras con excepción de la pared inferior de la tumba.

En la muestra tomada en la gárgola se encontraron diatomeas, cianobacterias, líquenes y musgos. El líquen correspondió al género *Pertusaria* sp.

Los líquenes y los musgos pueden producir ataque mecánico y químico del material estructural. El primero se produce a través de la penetración de hifas fúngicas y rizoides en el material y el químico por la producción de ácidos tales como ácido carbónico, oxálico entre otros, que pueden llegar a disolver los componentes del material (Saiz Jiménez 1994). El EDX

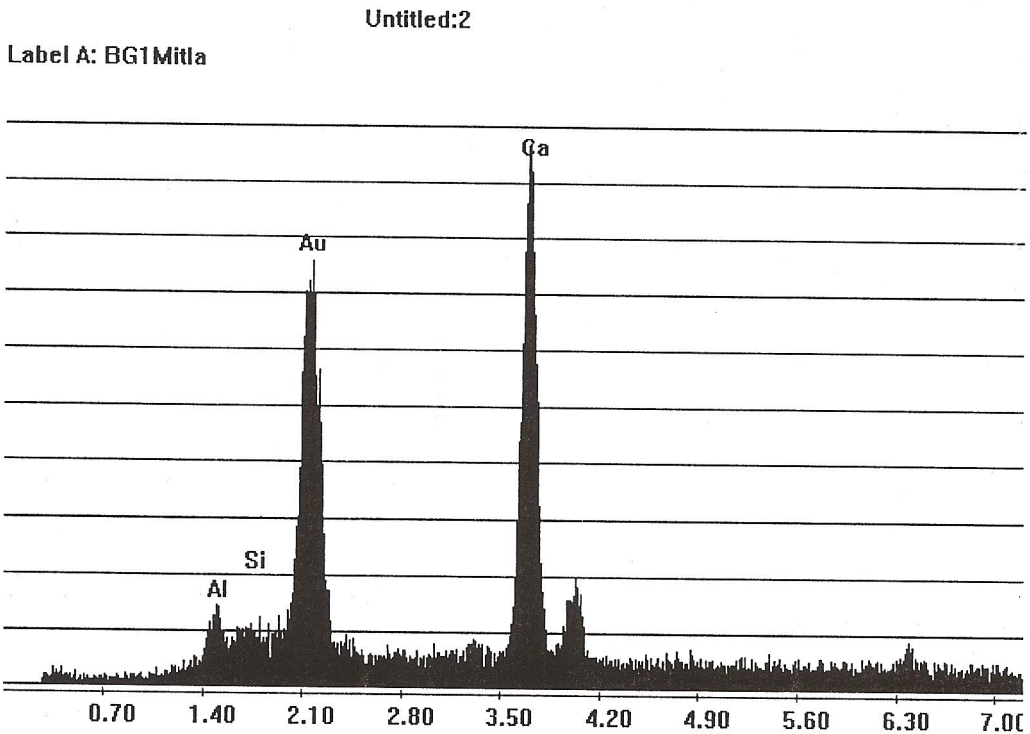


Figura Nº 1. EDX realizado a la muestra tomada en la gárgola (Milla).

realizado a la muestra tomada de la gárgola en la que se encontró al género *Pertusaria* sp. reveló un importante pico de Ca que corroboraría lo expuesto anteriormente (Figura 1). El pico de Si podría estar indicando la presencia de las diatomeas en esta muestra, ya que las mismas poseen valvas silíceas.

Comentarios finales

- Estos estudios revelaron una importante flora microbiana, que interviene en el proceso de biodeterioro.

- Se han detectado cianobacterias, algas, líquenes y musgos que son causantes de la presencia de pátinas y costras observadas sobre las superficies de estas construcciones.

- Con los resultados obtenidos de los análisis químicos de EDX y MEB podemos sugerir que los mecanismos de biodeterioro se deberían predominantemente a procesos de biosolubilización involucrando la producción de metabolitos ácidos provenientes de la actividad bacteriana y fúngica que pueden potenciar los efectos agresivos de la corrosión atmosférica.

- Es importante continuar con estos estudios con el fin de implementar medidas de protección y prevención para preservar estos sitios arqueológicos.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA, Res. 578/08) al Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, PIP 5075/05), Universidad Nacional de la Plata (UNLP, Proyecto 11X 506, y

11N 578) la financiación de este trabajo.

Bibliografía.

- Bourrelly, P. 1972. Les algues d'eau. Initiation a la systematique, I. Les algues vertes. N. Boubée et Cie., Paris, pp. 1-572.
- Bourrelly, P. 1985. Les Algues d'eau Douce. Societe Nouvelle Des Editions. Paris, pp. 1-572.
- Carmichael J. W, W.B. Kendrick, I. L. Connors y L. Sigler 1980. Genera Hyphomycetes. The University of Alberta Press, Edmonton, Alberta, Pp. 1-385.
- Desikachary, T.V. 1959. Cyanophyta. Ind. Counc.Agr.Res. New Delhi, pp. 1-686.
- García de Miguel, J. M., L. Sánchez-Castillo, J. J. Ortega-Calvo, J. A., Gil, y C. Saiz-Jimenez. 1995. Deterioration of building materials from the Great Jaguar pyramid at Tikal, Guatemala. *Building and Environment*, 30: 591-598.
- Gaylarde C.C. y L.H.G.Morton, 1999. Deteriogenic Biofilms on buildings and their control review. *Biofouling*, 14: 59-74.
- Gomez Alarcón, G., M.L. Muñoz, y M. Flores 1994. Excretion of organic acids by fungal strains isolated from decayed sandstone. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 34: 169-180.
- Griffin, P.S., Indictor, N. y R.J. Koestler 1991. The biodeterioration of stone: a review of deterioration mechanisms, conservation case histories and treatment. *International Biodeterioration*, 28: 187-207.
- Guiamet, P., S.Gómez de Saravia, P., Battistoni, S. Borrego, J.de la Paz Naranjo, y V. Pons 2008 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. En, Vázquez C. Palacios M., Patrimonio cultural: la gestión, el arte, la arqueología y las ciencias aplicadas, CONEA, Buenos Aires, pp. 335-340.
- Hernández-Duque, G., O. Ortega- Morales, W.Sand, P. Jozsa, P.Crassous y J. Guezennec. 1998. Microbial deterioration of Mayan stone buildings at Uxmal, Yucatan, México. Proc. LATINCORR'98, Cancún, México, Paper no S1-04: pp. 1-10.
- Koestler, R.J., A.E. Charola, M. Wypyski y J.J. Lee 1985. Microbiologically induced

- deterioration of dolomitic and calcitic stone as viewed by scanning electron microscopy. Proceedings V Congrès International sur l'Alteration et la Conservation de la Pierre, Lausanne, Francia., 2: 617-626.
- Koestler R.J., E.D.Santoro, J. Druzik, F. Preusser, L. Koepp, M. Derrick 1988. Status report: ongoing studies of the susceptibility to stone consolidants to microbiologically induced deterioration. En: *Biodeterioration 7* (D.R. Houghton R.N. Smith, H.O.W. Eggins, ed.) Elsevier Science, London, UK, 107-112.
- Komarek, J. y K. Anagnostidis 1986. Modern approach to the classification System of Cyanophyta 2- Chroococcales. *Arch. Hidrobiol. Suppl.* 73, 2 Algal. Stud. 43: 157-226.
- Maldonado L., L. Díaz A. Cabrera Sansores, J. Pacheco Avila y D. Halsey 1998. Natural and accelerated dissolution of limestone used in monuments under tropical atmospheres, *CORROSION/98*, Paper no. 350, NACE International, Houston, Tx.
- Maldonado L. y L.Veleva 1999. Corrosivity category maps of a humid tropical atmosphere: the Yucatan Peninsula, México. *Materials Corrosion*, 50: 261-266.
- McCormack K., L.H.G. Morton, J. Benson, B.N. Osborne, y R.W. McCabe (1996) A preliminary assessment of concrete biodeterioration by microorganisms. *LABS 2, Biodeterioration 7 Biodegradation in Latin America*, Porto Alegre, Brazil. pp.6870.
- Monte, M. 1991. Multivariate analysis applied to the conservation of monuments: lichens on the Roman aqueduct Anio Vetus in S. Gregorio. *International Biodeterioration*. 28: 133-150.
- Ortega-Calvo, J. J., H. Marine y C. Saiz-Jiménez 1991. Biodeterioration of buildings materials by cyanobacteria and algae. *International Biodeterioration*. 28:165-186.
- Saiz-Jiménez, C. 1994 Biodeterioration of stone in historic building and monuments. En: Llewellyn GC, Dashek WV, O'Rear CE, *Biodeterioration Research 4*, Plenum Press, New York, pp. 587-604.
- Saiz-Jiménez., y X. Ariño Colonización biológica y deterioro de morteros por organismos fotótrofos. 1  Reunión Internacional de la Red temática XV-E. *Biodeterioro de Monumentos Históricos de Iberoamérica*, Sevilla, España, pp. 58-71.
- Thom C. y K.B. Raper 1945. *A Manual of the Aspergilli*. Williams & Wilkins Baltimore. Pp. 1-303.
- Videla, H.A. 1996. *Manual of biocorrosion*. Lewis Publishers/CRC Press, Boca Rat n, FL, USA, pp. 1- 288.
- Videla, H. A. 1998. Biodeterioration of the Ibero American cultural heritage. A problem to be solved. *Proc. LATINCORR/98*. Canc n, México, Paper no. S11-02, 5 pp.
- Videla, H.A., P. S. Guimet , S.G. Gómez de Saravia 2003. Biodeterioro de materiales estructurales de sitios arqueológicos de la civilizaci n maya. *Revista del Museo de La Plata. Publicaci n T cnica y Did ctica*, 44: 1-11.
- Warscheid, T., M. Oelting, y W.E. Krumbein 1991. Physico-chemical aspects of biodeterioration process on rocks with special regard to organic pollutants. *International Biodeterioration*, 28: 37-48.
- Warscheid T. y J. Braams 2000. Biodeterioration of stone: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 46: 343-368.