

MUNIBE (Ciencias Naturales - Natur Zientziak)	Nº47	3-6	SAN SEBASTIAN	1995	ISSN 0214-7688
---	------	-----	---------------	------	----------------

Deterioro de materiales pétreos por hongos filamentosos en conjuntos monumentales del área de San Sebastián

Deterioration of sandstone materials by filamentous fungi in monuments in the area of San Sebastián

PALABRAS CLAVE: Deterioro, hongo, levadura, arenisca.

KEY WORDS: Deterioration, fungi, yeast, sandstone.

I. ALAVA ⁽¹⁾
 A. GONZALEZ ⁽²⁾
 G. ORTIZ DE URBINA ⁽¹⁾
 L. YURRAMENDI ⁽¹⁾
 J.M. VALERO ⁽¹⁾

RESUMEN

Se detalla la existencia de un deterioro muy acentuado en ciertas zonas de monumentos de piedra arenisca del área del centro de San Sebastián. Dichas zonas presentan unas características ambientales semejantes y un deterioro similar de los materiales pétreos que permite definir una etiología de enfermedad de la piedra arenisca. Se aislaron de dichas zonas microorganismos del tipo hongos filamentosos y levaduras, como causantes de dicho deterioro.

SUMMARY

At the present work, we describe the existence of a increase deterioration in some points of sandstone monuments at the San Sebastian town area. These points have got similar environmental values and deterioration levels of the sandstone. We conclude that the origin of this disease of sandstone materials are some isolated filamentous fungical microorganism and yeasts.

LABURPENA

Donostia erdialdeko zenbait harearizko monumentuetako gune batzuetan hondamen nabaria dagoela adierazten da. Gune horiek antzekoak diren ezaugarriak dituzte bai ingurugiroari eta bai harriaren hondamenari dagokionez. Honek, harearrien gaisotasunari buruzko etiologia bat definitzea baimetzen du. Gune horietatik, ondo zuntzaireak eta legamiak isolatu ziren hondamen horren eragile bezala.

INTRODUCCIÓN

La participación de los hongos en el deterioro de diferentes tipos de piedra ha sido demostrada por numerosos autores como HENDERSON & DUFF (1963), SILVERMAN & MUÑOZ (1970). ECKHARDT (1978) entre otros. Su capacidad para la producción de ácidos orgánicos quelantes (láctico, oxálico o glucónico), así como la penetración de las hifas de los hongos en la piedra parecen ser algunos de los parámetros básicos en su participación en la degradación (MANLEY & EVANS 1986), (KOESTLER, CHAROLA, WYPYSKI & LEE 1985).

La distribución de los hongos en superficies pétreas ha sido estudiado en profundidad en los últi-

mos años (WEBLEY, HENDERSON & TAYLOR 1963), (PETERSEN, KUROCZKIN, STRZELCZYK & KRUMBEIN 1988), (DE LA TORRE, GOMEZ-ALARCON, MELGAREJO, SAIZ-JIMÉNEZ 1990), encontrándose un buen número de géneros diferentes colonizando monumentos en todo el mundo. *Penicillium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Phoma*, *Fusarium*, *Aspergillus* son algunos de los géneros encontrados.

Estos hongos se encuentran en mayor cantidad en fachadas en la que existe un crecimiento algal establecido, del cual toman la materia orgánica necesaria para su desarrollo (DE LA TORRE, GOMEZ-ALARCON, MELGAREJO, SAIZ-JIMÉNEZ 1990). Aparecen habitualmente como formas simbiotas con algas (líquenes), responsables de la formación de las denominadas costras negras, aspecto habitual de la degradación en este tipo de piedras.

Se analiza aquí la presencia de un tipo diferente de deterioro, encontrado en monumentos de arenis-

(1) Inasmet. Centro Tecnológico de Materiales. Camino de Portuete, 12.Bº de Igara. 20009 San Sebastián.

(2) Centro de Investigaciones Biológicas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.

ca, en los cuales la degradación de la piedra no es producida por esta simbiosis o ecosistema algas-hongos, sino que es una enfermedad exclusivamente fúngica, habiendo una ausencia total de formas algales.

TÉCNICAS EMPLEADAS

Los medios utilizados para el crecimiento de los microorganismos aislados fueron Agar Sabouraud Dextrosa y Agar malta al 2%. La microscopía óptica se realizó utilizando un microscopio MEIJI (x1800), mientras que la microscopía electrónica se realizó utilizando una microsonda JXA-8600 de JEOL (EP-MA) con dos analizadores por longitud de onda (WDS) y uno por dispersión de energías (EDS).

Para la identificación de levaduras se utilizó una batería de test bioquímicos API 20 C AUX de Biomerieux, junto con un software de búsqueda basado en BARNETT, PAYNE & YARROW (1990). Además se realizaron otros test bioquímicos basados asimismo en BARNETT, PAYNE & YARROW (1990).

CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS DETERIORADAS

Las zonas en las que se encontró arenisca con esta tipología de deterioro presentaban una serie de características ambientales comunes.

Se corresponden a zonas con una humedad relativa muy elevada y poco expuestas a la luz solar directa (390 lux de media de un día soleado). Además, se dan en situaciones muy próximas al mar, en las que se produce una elevada exposición al cloruro sódico.

Las muestras se encontraron en concreto en cuatro edificios de piedra arenisca en un área muy reducida. La Iglesia de San Vicente de San Sebastian, las escaleras del edificio de la Pescadería de la Parte Vieja de San Sebastian, el edificio de la Sociedad Fotográfica y en los Portalones de las fortificaciones del monte Urgull. Además, se ha podido apreciar visualmente un deterioro similar en zonas de otros edificios de arenisca cercanos.

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE DETERIORO

El deterioro encontrado en estas zonas se define por una elevada disgregación de las partículas de arenisca de la piedra y un alto grado de humedad. Se forma una capa (Ver fotografía Figura 1) sobre la piedra, unida por las hifas de los hongos filamentosos (Ver microsc. electrónica Figura 2).

Las hifas de los hongos penetran en la arenisca englobando los gránulos de sílice (Ver microscopía óptica Figura 3) y disgregándola. Esta capa es de aspecto muy diferente a la habitual costra de deterioro



Figura 1. Detalle del deterioro y de la formación de capa en arenisca (Iglesia de San Vicente de San Sebastian).

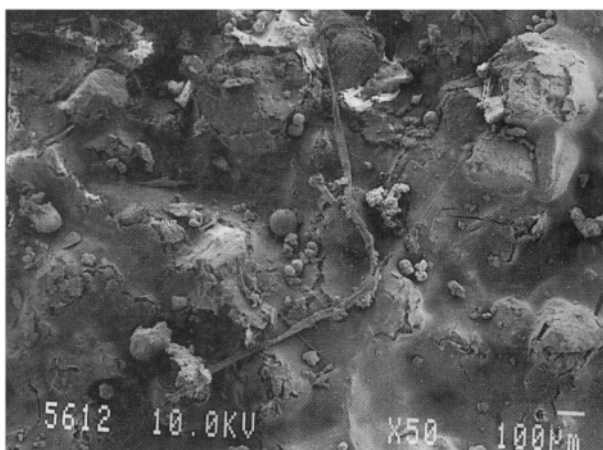


Figura 2. Microscopía electrónica. Hifas de hongos sobre la capa de arenisca deteriorada (x50).

por combinación de formas algales y fúngicas, siendo más homogénea y de aspecto menos compacto (Figura 1). Gráficamente podría definirse como una unión de tela de araña.

La capa se disgrega con facilidad dejando paso a una zona de arenisca muy poco resistente, y asequible para un nuevo ataque.



Figura 3 Microscopia óptica Filamentos del hongo *Phoma glomerata* englobando gránulos de arenisca (x1500)

Cabe destacar la ausencia total de formas algales, no pudiendo ser achacada totalmente a la ausencia de luz directa, ya que en zonas contiguas se produce un crecimiento abundante de algas.

MICROORGANISMOS AISLADOS

En todas las muestras tomadas de zonas de deterioro común de los diferentes edificios se aislaron tres microorganismos distintos (Figura 4):

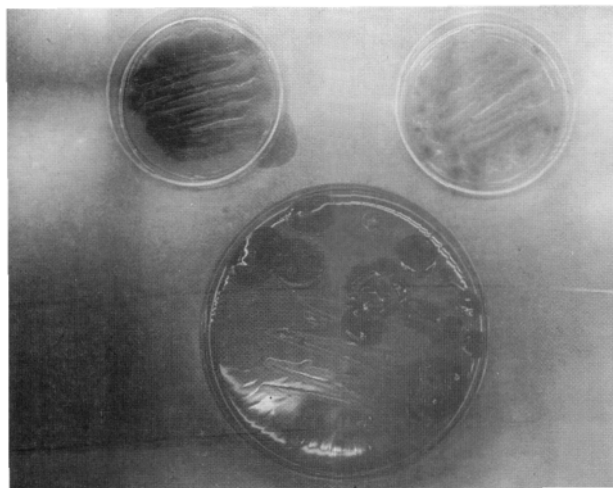


Figura 4. Fotografía de los microorganismos aislados en las muestras de arenisca deteriorada creciendo sobre Agar Sabouraud Dextrosa.

- Un hongo filamentoso. Se aisló sobre un agar de contacto (Agar malta) y se hizo crecer sobre Agar Sabouraud Dextrosa. La identificación del mismo se realizó sobre agar malta al 2% dando colonias oliváceas a marrones. Alcanzan un diámetro de 35-50 mm en siete días, produciendo gran cantidad de puntos de color negro (picnidios). Finalmente se clasificó como un hongo del grupo de los Sphaeropsidales,

identificado como *Phoma glomerata* (Corda) WOLLENWEBER & HOCHAPFEL (Figura 5).

- Un hongo filamentoso. Se aisló sobre un agar de contacto (Agar malta) y se hizo crecer sobre Agar Sabouraud Dextrosa. Perteneciente al género *Penicillium*.

- Una levadura de pigmentación rosacea, aislada sobre un agar de contacto (Agar malta) y que se hizo crecer sobre Agar Sabouraud Dextrosa, a la que se realizó una identificación bioquímica presuntiva basada en quince test bioquímicos, que posteriormente se ampliaron a cuatro test más, así como a una identificación microscópica. El resultado fue la identificación de la levadura como *Rhodotorula glutinis*. Cabe destacar en este sentido, que en la literatura (HIROSAWA & TAKADA 1969) se describen variantes de esta levadura adaptadas a condiciones de alta salinidad (*Rhodotorula glutinis* var. *salinaria*).

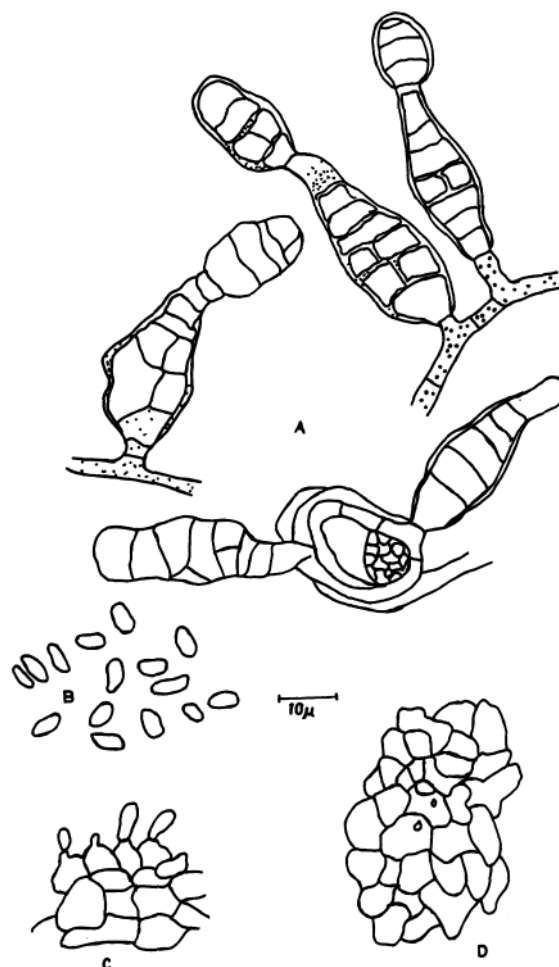


Figura 5. Características microscópicas de *Phoma glomerata* en agar malta al 2%. A. Dictioclamidosporas del tipo *Alternaria*. B. Conidiosporas asexuales. C. Conidióforo dispuesto en la pared interna del picnidio con sus filiales. D. Células de la pared externa del Picnidio.

CONCLUSIONES

La característica que define esta enfermedad y/o deterioro de la piedra arenisca, es la ausencia de formas algales. El aporte de materia orgánica necesario para el desarrollo de las formas fúngicas debe ser externo, y cabe aquí tener en cuenta el posible papel de la levadura en el ciclo de la materia orgánica.

Los microorganismos causantes del deterioro parecen ser las formas fúngicas encontradas en todos los casos en los que se ha observado este tipo de colonización de la piedra arenisca.

El esquema que se podría establecer contempla una doble acción. La producción de ácidos orgánicos, habitual en hongos del género *Penicillium* (DE LA TORRE, GOMEZ-ALARCON, MELGAREJO, SAIZ-JIMENEZ 1990) permitiría un ataque a la piedra que favorecería la penetración de las hifas de los hongos filamentosos, que disgregarían aún más la superficie petrea, y formarían la capa externa.

En cuanto al papel de la levadura en el proceso, *Rhodotorula glutinis* es productora de diferentes tipos de vitaminas, necesitadas por los hongos para su crecimiento, los cuales darían protección y un elevado grado de humedad a las levaduras.

El conocimiento de este tipo de deterioro cobra una gran importancia para la protección y restauración de monumentos históricos en piedra. Su estudio permite actuar de modo específico y utilizar las técnicas y biocidas selectivos para cada tipo de deterioro.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo aquí presentado ha sido efectuado con el patrocinio de la empresa de limpieza y restauración de edificios TECPROPASA EUSKADI S.A. (TEUSA).

Agradecemos al Colegio de Ingenieros Industriales de Alava, Gipuzkoa y Navarra la concesión de la beca de Investigación y Desarrollo, para la realización del proyecto dentro del cual se enmarca este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- J.A. BARNETT, R.W. PAYNE & D. YARROW
1990 Yeasts: Characteristics and identification.
- M.A. DE LA TORRE, G. GOMEZ ALARCON, P. MELGAREJO & C. SAIZ-JIMENEZ
1991 Fungi in weathered sandstone from Salamanca cathedral, Spain. *The Science of the Total Environment*, 107: 159-168. Elsevier Science Publishers B.V.
- ECKHARDT E.W.
1978 Microorganisms and weathering of a sandstone monument. *Environmental Biogeochemistry and Geomicrobiology Vol. 2: The Terrestrial Environment*. Ed. W.E. Krumbein. Ann Arbor Science. Ann Arbor, MI, pp 675-86.
- HENDERSON, M.E.K. & R.B. DUFF
1963 The release of metallic and silicate ions from minerals, rocks and soils by fungal activity. *J. Soil Sci.*, 14: 236-246
- HIROSAWA, N. & TAKADA, H.
1969 Salyt susceptibility of *Rhodotorula glutinis* var *salinaria* isolated from salt farm in Japan. *Transactions of the Mycological Society of Japan* 10, 35-39.
- KOESTLER, R.J., CHAROLA, A.E., WYPYSKI, M. & LEE, J.J.
1985 Microbiologically induced deterioration of dolomitic and calcitic stone as viewed by scanning electron microscopy. *Vth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone. Proceedings. Vol. 2. Ed. G. Felix. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne*, pp 617-26.
- MANLEY, E.P. & L.J. EVANS
1986 Dissolution of feldspars by low-molecular-weight aliphatic and aromatic acids. *Soil Sci.*, 141: 106-112
- PETERSEN, K., J. KUROCZKIN, A.B. STRZELCZYK & W.E. KRUMBEIN
1988 Distribution and effects of fungi on and in sandstones. In: D.H. Houghton, R.N. Smith and H.O.W. Eggin (Eds). *Biodeterioration 7*. Elsevier Applied Science, London, pp. 123-128.
- SILVERMAN, M.P. & MUNOZ, E.F.
1970 Fungal attack on rock: Solubilization and altered infrared spectra. *Science* 169, 985-7.
- WEBLEY, D.M., M.E.K. HENDERSON & I.F. TAYLOR,
1963 The microbiology of rocks and weathered stones. *J. Soil Sci.*, 102-112