

ORIGEN DE COSTRAS Y PÁTINAS DE YESO EN EDIFICIOS HISTÓRICOS DE A CORUÑA (NO ESPAÑA)

ORIGIN OF GYPSUM CRUSTS AND PATINAS IN HISTORIC BUILDINGS OF A CORUÑA (NW SPAIN)

JORGE SANJURJO SÁNCHEZ¹, JUAN RAMÓN VIDAL ROMANÍ¹,
CARLOS ALBERTO SIMÕES ALVES², DANIEL FERNÁNDEZ MOSQUERA¹

(1) Instituto Universitario de Xeoloxía "Isidro Parga Pondal". Edificio Servizos Centrais Investigación. Universidade da Coruña. 15071 A Coruña (España).

(2) Departamento de Ciencias da Terra. Universidade do Minho. Campus de Gualtar. 4710 - 057 Braga (Portugal).

RESUMEN

El estudio del deterioro y la conservación del patrimonio histórico construido ha sido escaso en Galicia (NO España) a pesar de ser necesario para la ejecución de proyectos de limpieza y restauración de fachadas. La falta de estudios puede llevar a la ejecución de restauraciones incorrectas con la eliminación de morteros o revestimientos originales, interpretados como costras o pátinas de ensuciamiento. Para comprobar esta hipótesis, se ha realizado un estudio de las pátinas y costras en algunos monumentos de la ciudad de A Coruña con el objeto de diferenciar el origen de cada uno y los procesos que han provocado su desarrollo. Los resultados muestran que la existencia de costras de yeso se debe al efecto que tiene la elevada contaminación del aire existente en la alteración de revestimientos de yeso (enlucidos) que no han sido documentados.

ABSTRACT

The study of decay and preservation of historical heritage has been scarce in Galicia (NW Spain), despite being much needed for the implementation of façade cleaning and restoration projects. The lack of studies may lead to the execution of wrong restorations with the elimination of original mortars or coatings interpreted as dust crust and patinas. To test this hypothesis, a study has been made of patinas and crusts in some monuments in the city of A Coruna in order to distinguish the origin of each and the processes that have led to their development. The results show that the existence of gypsum coatings is due to the effect of high air pollution in the alteration of gypsum plasters (plastering), which have not been documented.

Palabras clave: patrimonio, recubrimientos, costras, pátinas, yeso, polución.

Key words: Heritage, coatings, crusts, patinas, gypsum, pollution.

INTRODUCCIÓN

Las costras o pátinas son acreciones adheridas a la superficie de la roca cuyos constituyentes han sido transportados hacia ésta, desde de pocas micras o miles de kilómetros (Dorn, 1998). A la hora de establecer una clasificación de pátinas en superficies de roca se clasifican según sus composición y se atribuyen a diferentes orígenes. De esta forma diversos autores han diferenciado costras de endurecimiento, pátinas de polvo, de hierro o de metales pesados, pátinas de sílice y costras salinas de nitratos, yeso o halita. Sin embargo, en el caso de rocas empleadas como material de construcción la incidencia de pátinas y costras no es la misma que en la naturaleza y algunos de los tipos antes mencionados adquieren especial relevancia por su ubicuidad o su efecto en el deterioro de los materiales de construcción. Dentro de este tipo de pátinas destacan las costras salinas y en particular son especialmente habituales las de yeso, en todo tipo de rocas.

Normalmente, las costras de yeso se asocian a ambientes áridos, a la alta solubilidad del yeso y a procesos de evaporación. La formación de eflorescencias y costras de yeso en ambientes naturales se ha atribuido con frecuencia, en ambientes litorales, al aporte de sulfatos por nieblas o *spray* marino en zonas protegidas del lavado por lluvia (Chabas y Lefèvre, 1996). Pero también existen en edificios históricos, en donde su origen se ha atribuido con frecuencia al ascenso de agua capilar con azufre en disolución procedente de morteros y su posterior sulfatación, o a aguas contaminadas (Zehnder, 1993).

En ambientes urbanos, las costras de yeso son frecuentes en monumentos construidos con rocas graníticas (Begonha y Sequeira Braga, 1996) en donde se han asociado a contaminación. Según algunos autores, estas costras se forman por combinación de sulfatos procedentes de la atmósfera con calcio de feldspatos (Schiavon, 1993). Para otros, se producen por sulfatación y nucleación por arcillas y partículas atmosféricas (Del Monte y Sabbioni, 1984) o a nucleación de yeso por microorganismos que participan en su formación (Blázquez *et al.*, 1997). Pero estos procesos difícilmente explican la formación de costras gruesas y compactas, debido a la escasa cristalización de yeso por nucleación incluso en experimentos en atmósferas contaminadas con altas concentraciones de sulfatos (Cultrone *et al.*, 2000).

También es frecuente su atribución a la oxidación de piritas de la roca (Schiavon *et al.*, 1994), hipótesis poco probable en muchas rocas graníticas si se consideran las bajas o nulas proporciones de azufre existentes en sus minerales. Mucho más probable es la sulfatación de calcio de morteros (Smith *et al.*, 1994) dada su tendencia a sufrir sulfatación y a que son una inmensa fuente de calcio y sales, fácilmente solubles. Otra posibilidad es la existencia de enlucidos de yeso sobre la sillería en monumentos graníticos, cuya alteración y ennegrecimiento, por deposición de partículas contaminantes, explicaría su apariencia de costras (Cabrera Garrido, 1994; Sanjurjo Sánchez *et al.*, 2004).

En la ciudad de A Coruña (NO España) existen varios edificios históricos construidos con rocas graníticas con costras negras, y que por su situación en zonas de diferente cercanía al mar y exposición a contaminación por tráfico rodado, suponen una muestra adecuada para estudiar los procesos de formación de costras de yeso en monumentos de ambientes urbanos. Estos edificios son las iglesias de Las Capuchinas, Santiago y la Colegiata de Sta. María del Campo. Los dos tipos de roca utilizados en su construcción son un leucogranito de grano fino y sin biotita, y una granodiorita de grano grueso y con megacristales de feldespato potásico.

El objetivo que se plantea en este trabajo es el análisis y estudio de las costras y pátinas de yeso más frecuentes en los edificios históricos antes mencionados con el propósito de conocer los procesos que han determinado su formación y el papel que las características de la roca, los materiales aglomerantes y los agentes climáticos tienen en la formación del mencionado yeso.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Previamente a la recolección de muestras se realizó un estudio acerca de la documentación histórica existente de los procesos de construcción, reconstrucciones y modificaciones de los edificios con información alusiva a la existencia de pinturas, revocos o enlucidos.

Posteriormente se realizó un estudio de campo de observación de tipología y frecuencia de pátinas y costras. Se tomaron muestras de pátinas y costras en todas las fachadas de los tres edificios. Las muestras recogidas fueron estudiadas por observación superficial con Microscopía Electrónica de Barrido y análisis por EDS. También se estudiaron secciones transversales pulidas por electrones secundarios y retrodispersados, análisis por EDS, y mapas de rayos X.

III. RESULTADOS

El estado de las fachadas de los edificios estudiados y la presencia y desarrollo de costras y pátinas es muy variable. En la Iglesia de las Capuchinas, la fachada está muy deteriorada y cubierta de pátinas y costras negras. En la mayor parte de la superficie hay una costra negra compacta y de superficie uniforme (Tipo 3). En algunas zonas aisladas, principalmente detalles arquitectónicos y la hornacina central de la fachada, se observan restos de un revestimiento amarillo-ocre. Éste corresponde a restos de un enlucido de yeso y su superficie no presenta deposición de partículas. Bajo la cornisa inferior de la hornacina se observa otra costra negra gruesa y compacta (Tipo 1) y bajo la cornisa principal de la fachada hay costras negras gruesas con nódulos (Tipo 2). Bajo esta misma cornisa, en algunas zonas se observa una pátina gris a modo de reguero (Tipo 4).

En el caso de la Colegiata de Santa María del Campo, ésta presenta revestimientos en las arquivoltas y tímpanos de los pórticos (Tipo 3). En los pórticos de las fachada norte y sur hay varios revestimientos: uno pardo-amarillo (enlucido), una costra negra (Tipo 1), un revestimiento gris de textura plástica (enlucido) y uno negro de similar textura (Tipo 3). Bajo las cornisas superiores hay una pátina gris-negra formado por lavado (Tipo 4).

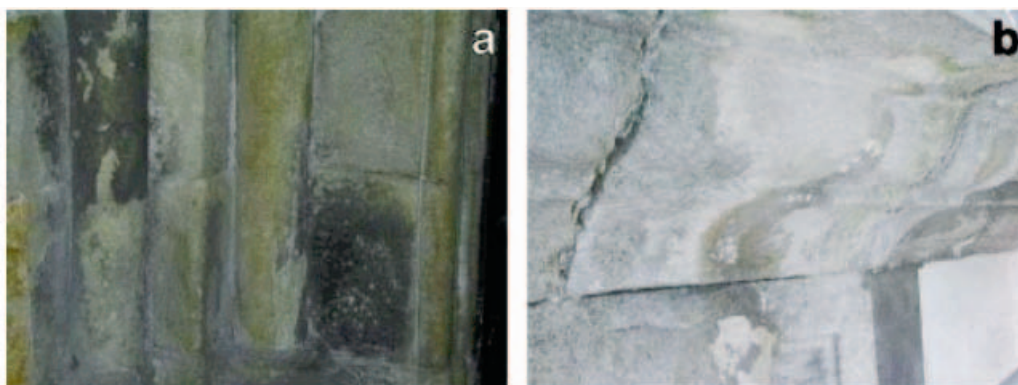


Figura 1. Imágenes de detalle de un enlucido original de yeso (1ª, color amarillo), una costra Tipo 3 (1b, color gris-negro), y una pátina Tipo 4 (1b),

La Iglesia de Santiago también muestra diferentes tipos de pátinas y costras. En la hornacina y bajo la cornisa del pórtico principal hay una pátina gris de lavado a modo de reguero similar al tipo 4 encontrado en la Iglesia de Las Capuchinas. Los pórticos presentan una costra negra, gruesa y compacta de interior amarillo claro del Tipo 1.

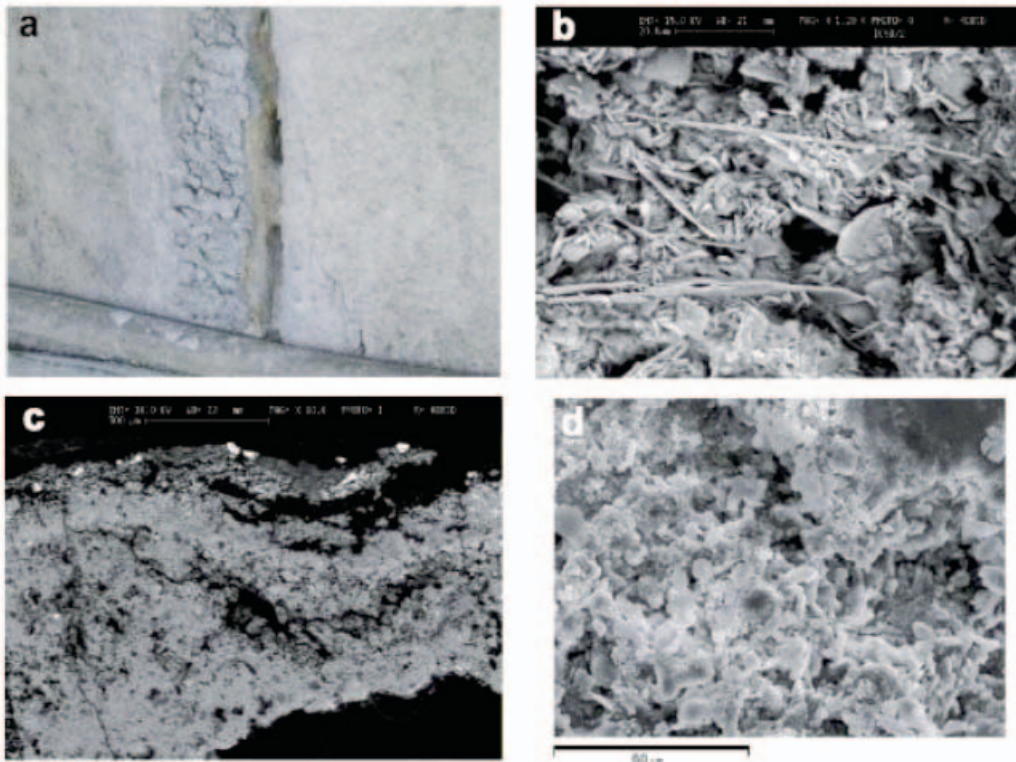


Figura 2. Fotografías e imágenes de MEB de revestimientos: (a) imagen de detalle de una costra Tipo 2, (b) micrografía de la superficie de una costra tipo 2, (c) micrografía de un corte transversal de una costra Tipo 1, (d) micrografía de la superficie de una costra Tipo 3 en una zona superficial con sulfato cálcico sin formas cristalinas definidas.

Los análisis realizados han permitido clasificar las pátinas y costras según sus características texturales y composición:

- **Enlucido:** En el caso de la Iglesia de Las Capuchinas se trata de un enlucido de yeso situado en la hornacina de la fachada (de hasta 1 cm de grosor) formada por maclas planares de yeso y arena. También aparece en algunas molduras como retazos de una pátina fina (hasta 100 µm de espesor) ocre-amarillo. Su superficie es porosa, con sulfato cálcico sin formas cristalinas definidas en unas zonas, y rosetas de yeso con árido en otras. En la Colegiata de Santa María (fig. 1a), el enlucido presenta dos capas: una interna de 200 µm de máximo espesor, de sulfato cálcico y con clastos; y una externa de 5-10 µm rica en silicio y con aluminio. La textura superficial del revestimiento varía según se observe la capa externa rica en silicio o esta haya sido eliminada por la erosión. En la zona rica en Si la textura es de apariencia amorfa, compacta y fracturada en zonas intactas, y porosa y con carbono, azufre y calcio en zonas en las que se ha alterado esa capa. La capa interna muestra una textura superficial de apariencia amorfa, porosa y rica en silicio y aluminio con aglomerados de maclas tabulares de yeso (y trazas de sodio, cloro, magnesio, potasio, titanio y hierro).
- **Tipo 1:** Se trata de una costra negra observada en los tres edificios estudiados. Tiene aproximadamente 0,5 mm de espesor medio y 1 cm de máximo y está situada bajo la cornisa de la hornacina en Las Capuchinas y en los pórticos de las fachadas norte y oeste en la Iglesia de Santiago, y norte y sur de la Colegiata de Santa María. En superficie está formada por maclas planares de yeso en rosetas, con microclastos, cenizas volantes, agregados ricos en plomo y ocasionalmente halita en superficie (fig. 2c). En la Iglesia de Santiago también se detectan muy ocasionalmente agregados ricos en titanio.

- **Tipo 2:** Se ha podido observar tan sólo en la Iglesia de Las Capuchinas. Es una costra negra gruesa con nódulos de hasta 2 cm de diámetro (fig. 2a). La superficie presenta dos tipos de texturas: una de maclas planares de yeso (fig. 2b) en rosetas (dos tamaños de cristales: 10-50 μm y de 2-5 μm) y otra de sulfato cálcico sin formas cristalinas aparentes. Sobre las maclas aparecen clastos y agregados ricos en hierro y en plomo. El interior de la costra es de sulfato cálcico, arena y carbono.
- **Tipo 3:** Este tipo de costras ocupa una extensión importante de las fachadas principales de la Iglesia de las Capuchinas y de los pórticos norte y sur de la Colegiata de Santa María (fig. 1a). Son costras negras de hasta 600 μm de espesor, cuya superficie presenta dos tipos de texturas: una porosa con arena y sulfato cálcico sin formas cristalinas aparentes (fig. 2d), y otra más porosa de maclas planares de yeso. Las zonas más porosas, conglomeráticas, de maclas tabulares de yeso, presentan una gran cantidad de partículas en superficie, principalmente clastos, agregados ricos en hierro (fig. 3), en plomo y cenizas volantes. Las zonas menos porosas, sin formas cristalinas aparentes, son ricas en carbono y presentan los mismos tipos de partículas pero con una abundancia mucho menor.
- **Tipo 4:** Aparece en los tres edificios estudiados. Es una pátina gris localizada siempre en la parte inferior de algunas cornisas (fig. 1b). Tiene hasta 300 μm de espesor. La superficie es irregular formada por rosetas de yeso, con clastos, agregados ricos en hierro (de hasta 50 μm), carbono y halita, y ocasionalmente alguna cenosfera.

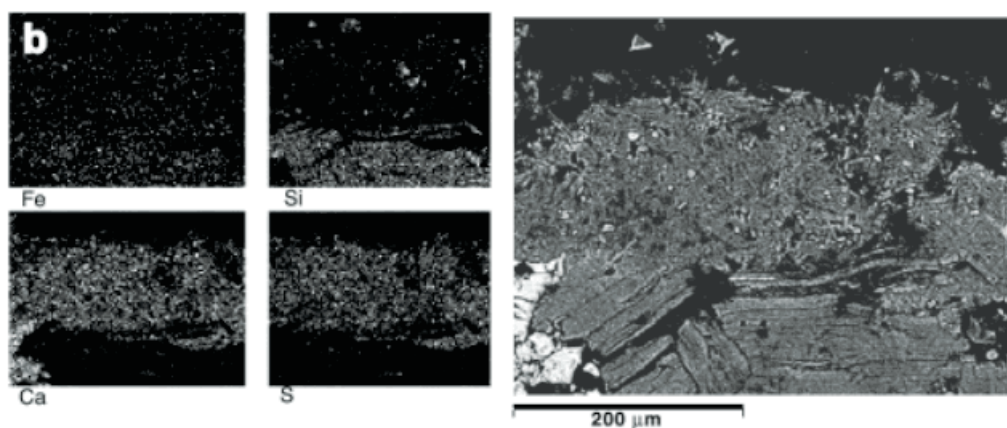


Figura 3. Mapa de Rayos-X de un corte transversal de un revestimiento Tipo 3. La costra de yeso contiene partículas ricas en Fe.

IV. DISCUSIÓN

Los distintos tipos de costras y pátinas de yeso en los edificios históricos estudiados permiten establecer un origen para cada uno de esos tipos. Por una parte la diferente situación de los monumentos estudiados en la ciudad de A Coruña permite descartar la importancia del papel de la contaminación atmosférica e influencia del mar en la formación de pátinas y costras en las fachadas según las condiciones locales. En el caso de la Iglesia de Las Capuchinas todas las pátinas y costras están claramente relacionadas con la aplicación no documentada de un enlucido de yeso. Existe, una relación directa entre el enlucido y la influencia de factores ambientales (exposición a lluvia y a contaminación atmosférica por el abundante tráfico rodado) que explica la actual presencia y distribución de las costras. Las partículas procedentes de contaminación atmosférica (agregados ricos en plomo, clastos, cenosferas, cenizas volantes, etc.)

aparecen sólo en la superficie de las costras y proporcionan el color negro superficial, siendo el interior de las costras amarillo o blanco. Las pátinas Tipo 4 se han formado por el lavado y reprecipitación del yeso a partir del enlucido o por lavado de la mayor parte de las costras en zonas expuestas a lluvia.

También la mayor parte de las pátinas y costras desarrolladas sobre las fachadas de la Colegiata de Santa María y la Iglesia de Santiago se puede relacionar con la aplicación de revestimientos artificiales de yeso. La distribución actual de pátinas y costras está también condicionada por la existencia previa de estos revestimientos de yeso, lavados por agua de lluvia, reprecipitados y que han captado, por deposición, partículas procedentes de contaminación atmosférica. Esto explica el ennegrecimiento sólo superficial. En estos dos casos, sin embargo, las costras y pátinas no alcanzan el desarrollo de las de la Iglesia de Las Capuchinas, debido a que la aplicación de enlucidos de yeso ha sido menos extensa en las dos primeras iglesias, mientras que en Las Capuchinas se ha realizado en toda la fachada.

Existe la posibilidad de que algunos de esos enlucidos fuesen en realidad pinturas como sugieren algunos autores (Polikreti y Maniatis, 2003) debido a la presencia de hierro en algunos casos (Tipos 1, 2 y 3), e incluso, titanio en el Tipo 1 de la Iglesia de Santiago.

Además, en el caso de la Iglesia de Santiago existe documentación histórica referida a un revestimiento artificial blanco en los pórticos de la iglesia en el siglo XIX (de Vedía y Gossens, 1845), zonas en las que actualmente se observan las costras de yeso Tipo 1. La costra Tipo 2 en este edificio se originó por lavado y reprecipitación de sulfato cálcico de los enlucidos de yeso y posiblemente de algún antiguo mortero.

En contraste a estas superficies ennegrecidas puede observarse que, en las zonas de la superficie de las fachadas de los monumentos estudiados sin revestimientos, sino sillares de roca desnudos, no se observa este ennegrecimiento ni deposición de partículas. Así pues, esa deposición se produce debido al sustrato poroso de los revestimientos, rechazándose que se produzca el proceso inverso (cristalización de yeso y formación de costras por deposición de partículas) como defienden algunos autores (Pye y Schiavon, 1989; Cultrone *et al.*, 2000).

A pesar de las diferentes zonas en las que se encuentran los edificios, con diferente influencia de esos factores ambientales, no se observan diferencias en la distribución, ocurrencia y características químicas y físicas de las costras y pátinas de yeso. Es decir, no se puede afirmar que exista una relación entre el desarrollo de las pátinas y costras con factores como la contaminación industrial, la contaminación por tráfico rodado o el *spray* marino. En ningún caso se ha encontrado una relación entre la distribución de sulfato cálcico y la influencia de contaminación marino, lo que indica que el origen del azufre no es, en este caso, marino como en otros casos (Chabas y Lefèvre, 1996). Además, aunque existe halita en algunas costras, ligada según algunos autores a zonas secas y expuestas a la influencia marina (Chabas y Jeannette, 2001), no se observa esa correspondencia en este caso, ya que la humedad ambiental, que afecta a la halita es, en general, similar en las diferentes edificaciones y sus fachadas.

V. CONCLUSIONES

Las pátinas y costras de yeso en los edificios históricos estudiados se producen por deposición de partículas en enlucidos de yeso en unos casos, y por disolución, lavado y reprecipitación de sulfato cálcico a partir del yeso de estos enlucidos. En algún caso, es posible que se tratase incluso de pinturas. La exposición a contaminación atmosférica, agua meteórica y el espesor y porosidad de los enlucidos, son los factores determinantes de la formación de costras y pátinas. La acumulación de partículas y polvo atmosférico en la superficie de estas costras provoca su ennegrecimiento sin implicar necesariamente la neoformación de yeso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEGONHA, A. y SEQUEIRA BRAGA, M.A. 1996: "Black crusts and thin black layers in granitic monuments: their characterization and the role of air pollution". *8th International Congress Deterioration and Conservation on Stone* (Berlin, Alemania): 371-375.
- BLÁZQUEZ, F.; GARCÍA-VALLÈS, M.; KRUMBEIN, W.; STERFLINGER, K. y VENDRELL-SAZ, M. 1997: "Microstromatolitic deposits on granitic monuments: development and decay". *European Journal of Mineralogy* 9: 889-901.
- CABRERA GARRIDO, J.M. 1994: "Los recubrimientos históricos y la protección de la piedra. Las pátinas". En: *Tratamiento y conservación de la piedra en los monumentos*. Colegio de Aparejadores y Arquitectos de Madrid. Madrid: 57-63.
- CHABAS, A. y LEFÈVRE, R. 1996: "Origine des constituants des croûtes sulfatées des monuments de Délos (Cyclades-Grèce)". *8th International Congress Deterioration and Conservation on Stone* (Berlin, Alemania): 415-422.
- CHABAS, A. y JEANNETTE, D. 2001: "Weathering of marbles and granites in marine environment: petrophysical properties and special role of atmospheric salts." *Environmental Geology* 40: 359-368.
- CULTRONE, G.; DE LA TORRE, M.; SEBASTIÁN, J.E M. y CAZALLA, O. 2000: "Behavior of brick samples in aggressive environments". *Water, Air and Soil Pollution* 119: 191-207.
- DE VEDIA Y GOSSENS, E. 1845: *Historia y descripción de la ciudad de La Coruña*. Imprenta Domingo Puga. A Coruña.
- DEL MONTE, M. y SABBIONI, C. 1984: "Gypsum crusts and fly ash particles on carbonate outcrops". *Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology Series B* 35: 105-111.
- DORN, R.I. 1998: *Rock coatings*. Elsevier. Amsterdam.
- POLIKRETI, K. y MANIATIS, Y. 2003: "Micromorphology, composition and origin of the orange patina on the marble surfaces of Propylaea (Acropolis, Athens)". *The Science of Total Environment* 308: 111-119.
- PYE, K. y SCHIAVON, N. 1989: "Cause of sulphate attack on concrete, render and stone indicated by sulphur isotope ratios". *Nature* 342: 663-664.
- SANJURJO SÁNCHEZ, J.; VIDAL ROMANÍ, J.R. y ALVES, C.A.S. 2004: "Characterisation typology and origin of patinas in the church of Las Capuchinas, A Coruña (NW Spain)". *6th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin* (Lisbon, Portugal): 202-206.
- SCHIAVON, N. 1993: "Microfabrics of weathered granite in urban monuments". En: M.J.Thiel (ed): *Conservation of stone and other materials*, vol I. E&FN Spon, Chapman & Hal. London: 271-278.
- SCHIAVON, N.; CHIAVARI, G.; FABBRI, D. y SCHIAVON, G. 1994: "Microscopical and chemical analysis of black patinas on granite". *3th International Symposium on the conservation of Monuments in the Mediterranean Basin* (Venecia, Italia): 93-99.
- SMITH, B.J.; MAGEE, R.W. y WHALLEY, W.B. 1994: "Breakdown patterns of quartz sandstone in a polluted urban environment, Belfast, Northern Ireland". En: A.R.D. Robinson y R.B.G. Williams (eds): *Rock weathering and Landform evolution*. John Wiley & Sons. Chichester, UK: 131-150
- ZEHNDER, K. 1993: "New aspects of decay caused by crystallization of gypsum". En: M.J. Thiel (ed): *Conservation of stone and other materials*, vol I. E&FN Spon Chapman & Hal. London: 107-114.