

Glosario de patologías asociadas a monumentos de mármol

Luisina Anderson • Silvina Spinardi • Luis Ferreyra Ortiz

Glosario de patologías asociadas a monumentos de mármol

Luisina Anderson • Silvina Spinardi • Luis Ferreyra Ortiz

Anderson, Luisina

Glosario de patologías asociadas a monumentos de mármol / Luisina Anderson; Silvina Spinardi; Luis Manuel Ferreyra Ortiz; coordinación general de Florencia Mendoza; fotografías de Virginia Brezniw... [et al.]. - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Bellas Artes, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-34-1496-5

1. Patologías. 2. Marmolería. 3. Monumentos Históricos. I. Mendoza, Florencia, coord. II. Brezniw, Virginia, fot. III. Título.

CDD 691.2

Edición y corrección: Florencia Mendoza y Manuela Belinche Montequín

Diseño y diagramación: Valeria Lagunas

Foto de tapa: Luisina Anderson

Fotografías: Virginia Brezniw, Franco Palazzo, Segundo Arregui,
Raphael Avellar Mercon de Vargas, Luisina Anderson

Glosario de patologías asociadas a monumentos de mármol
es propiedad de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad
Nacional de La Plata.

No se permite la reproducción total o parcial, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Presidente

Lic. Raúl Aníbal Perdomo

Vicepresidente Área Institucional

Dr. Fernando Alfredo Tauber

Vicepresidente Área Académica

Prof. Ana María Barletta

Secretario de Arte y Cultura

Dr. Daniel Horacio Belinche

**facultad de
bellas artes**



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Decana

Prof. Mariel Ciafardo

Vicedecana

Lic. Cristina Terzaghi

Secretaria de Extensión

Prof. Victoria Mc Coubrey

Secretaria de Decanato

Prof. Paula Sigismondo

Secretario de Relaciones Institucionales

DI Eduardo Pascal

Secretario de Asuntos Académicos

Prof. Santiago Romé

Secretario de Cultura

Prof. Carlos Coppa

**Secretario de Planificación,
Infraestructura y Finanzas**

DCV Juan Pablo Fernández

**Secretario de Producción
y Comunicación**

Prof. Martin Barrios

Secretaria de Ciencia y Técnica

Lic. Silvia García

Secretario de Asuntos Estudiantiles

Prof. Esteban Conde Ferreyra

Secretaria de Publicaciones y Posgrado

Prof. María Elena Larrègle

Secretario de Programas Externos

DCV Fermín González Laría

Agradecimientos

En primer lugar, deseamos expresar nuestro agradecimiento a Liliana Eva Conles, directora del Centro de Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural (CECORE), de la Facultad de Bellas Artes (FBA) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), por el apoyo incondicional y la motivación constante que brindó para este trabajo y por la confianza depositada en sus integrantes.

En segundo lugar, agradecemos profundamente a la Secretaría de Ciencia y Técnica y al equipo editorial de la Dirección de Asesoramiento Editorial (FBA-UNLP) por su colaboración en la edición y en la divulgación del documento presente, aspecto clave para el intercambio de saberes entre pares.

En tercer lugar, agradecemos a Facundo Cardoso, especialista en restauración de obras de mármol y licenciado en Artes Plásticas, orientación Escultura (FBA-UNLP), que ha brindado valiosos aportes en aquellos aspectos referidos a las definiciones de las patologías.

Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, de proyectos y de esfuerzos previos. En este caso, nuestro más sincero agradecimiento y pleno reconocimiento a los autores y a las instituciones cuyos estudios propiciaron un campo fértil para la elaboración de este glosario.

Por último, pero no menos importante, agradecemos a nuestros compañeros que formaron parte del *Proyecto de Puesta en Valor, Implantación y Traslado del Monumento a Colón de Arnaldo Zocchi*, por su atención a nuestras consultas e inquietudes, por las sugerencias recibidas y por su apoyo profesional y humano.

Índice

INTRODUCCIÓN	9
MÁRMOL	10
DETERIORO	11
Precipitaciones pluviales	11
Acción solar	11
Erosión eólica	12
Humedades de sustrato ascendentes	12
Variaciones térmicas	12
DEGRADACIÓN	13
Polución	13
Sismicidad asociada a factores antropogénicos	14
Otras causas antropogénicas	14
PATOLOGÍAS	15
PATOLOGÍAS SUPERFICIALES	16
Fisuras	17
Fisura individual	17
Fisura vinculada	17
Fisura conminuta	18
Fisura paralela	18
Fisura transversal	18
Fisuración radial	18
Craquelado	18
Patologías asociadas a la pérdida de material	19
Partes desprendidas	19
Faltantes	19
Cristalización	20
Estallido	20
Disgregación granular sacaroidea	20
Microkarstificación	21
Estratificación	21
Alveolización	21
Erosión	22
Disyunción de películas / Peladura / Peeling	22
Picadura/Pitting	22
Daño mecánico	23
Patologías asociadas a los depósitos y a la alteración cromática	24
Depósitos exógenos	24
Suciedad superficial	24
Costra	25
Alteración cromática	25
Patologías asociadas a la invasión biológica	26
Invasión biológica vegetal	26
Invasión biológica animal	26
Invasión biológica microorganica	26

PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES	27
Fisuras	28
Fisura individual	28
Fisura vinculada	28
Fisura con desplazamiento	28
Fisura conminuta	29
Fisura paralela	29
Fisura transversal	29
Fisuración radial	29
Fragmentaciones	30
Fragmentación única	30
Fragmentación múltiple	30
Fragmentación paralela	31
Fragmentación transversal	31
Fragmentación radial	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

INTRODUCCIÓN

El *Glosario de patologías asociadas a monumentos de mármol* es el resultado de un trabajo conjunto entre distintos profesionales formados en el Centro de Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural (CECORE), perteneciente a la Facultad de Bellas Artes (FBA) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

Dicho trabajo surge en concomitancia con las necesidades actuales en el campo de la conservación y la restauración del patrimonio cultural que, de forma cada vez más acentuada, atienden a una actualización teórica constante en pos de contribuir a mejorar la calidad de las intervenciones gracias a conocimientos y a técnicas más precisas. Una idea sucinta tomó fuerza en el marco del *Proyecto de Puesta en Valor, Implantación y Traslado del Monumento a Colón de Arnaldo Zocchi*: la elaboración de un *corpus teórico y visual* a modo de glosario que permite *enumerar, clasificar, definir y visualizar* las diversas causas de afección (estudio etiológico) y las patologías (estudio diagnóstico) que afectan a los bienes culturales (monumentos y estatuaría en general), cuya materialidad es de mármol. En torno a la idea de que el lenguaje visual debe incorporarse a los procesos de investigación, el aporte que supone este trabajo es incorporar la dimensión de la imagen entendiéndola como forma de conocimiento, de información y de comunicación. En este sentido, la imagen opera en tanto índice, representando al objeto de estudio y a sus patologías visibles.

La finalidad que se persigue no es la del estudio exhaustivo de estos temas, ya que cada uno de ellos puede ser objeto de un análisis pormenorizado con entidad suficiente como para ser tratado por especialistas en cada área, sino establecer una visión global o de conjunto que posibilite una aproximación a nuestro campo de conocimiento. Con relación a esto, la metodología implementada para la detección de las patologías y sus causas de afección obedece a un examen organoléptico, entendido como la descripción de las características físicas que posee la materia a partir de las percepciones sensoriales,¹ prescindiendo de instrumental técnico especializado para análisis más complejos.

Los antecedentes teóricos refieren a glosarios y a estudios de investigación que varían desde el ámbito académico e institucional hasta trabajos de profesionales y de expertos de la disciplina. De la bibliografía propuesta, algunos criterios de los distintos autores han sido tomados, conjugados, reelaborados y sintetizados; otros, corresponden a aportes nuevos de acuerdo con necesidades y consideraciones propias.

En este esfuerzo de conceptualización, un aspecto significativo para la consolidación de la investigación ha sido el carácter interdisciplinario de los autores: la historia del arte, la escultura, la restauración, la conservación y la fotografía confluyeron hacia formas de conocimiento permeables, suponiendo un lugar de intercambio entre saberes y disciplinas, cuyo diálogo constituyó un factor esencial en el modo de abordar la propuesta. El trabajo interdisciplinar, más presente habitualmente en lo discursivo que en las prácticas mismas, resultó en este caso, beneficio ampliamente justificado para la reflexión académica.

Esperamos que este *Glosario* sea un aporte disciplinar que, lejos de tener aspiraciones de universalidad, constituya una propuesta metodológica de estudio apropiable, modificable y perfectible a un tiempo. El deseo motivado por esta búsqueda es transmitir conocimientos con fines técnicos, didácticos y de divulgación a un público diverso: estudiantes, colegas, expertos profesionales, entre otros.

En otras palabras, intentamos que este trabajo sirva para suscitar intereses y opiniones en un tema que nos incumbe a todos, el patrimonio cultural, en cuanto herederos que somos, a la vez que deudores de ese legado para las generaciones futuras.

1• Visual y táctil



MÁRMOL

De acuerdo con la *Enciclopedia de la Conservación y Restauración* (1981), de Domingo Isaac Tellechea, el mármol es una piedra caliza (calcita), cuyo componente principal es el carbonato de calcio vítreo-cristalizado, formado en un largo proceso geológico que lo hace muy compacto. Las impurezas retenidas dentro de la masa de la caliza, pueden producir veteados o salpicaduras coloreadas entrelazadas. Cuando estas salpicaduras o vetas tienen un aspecto agradable hacen de la piedra un excelente material para la escultura.

El mármol siempre tuvo valor artístico debido a su belleza, su capacidad de adquirir pulimento y su facilidad relativa de labrado. Por ello, es considerado uno de los materiales más nobles para la realización de esculturas y de monumentos. Las obras realizadas en mármol pueden sufrir daños debido a la relación que establecen con el entorno donde se emplazan y con el devenir temporal. Las *causas de afección* —también llamadas *agentes de afección*— se dividen en formas de deterioro y en formas de degradación del material.

DETERIORO

Las causas del deterioro son las condiciones que propician el desarrollo de cambios en la composición, la estructura y la morfología de los elementos afectados. No actúan de manera independiente, sino que se conjugan, principalmente, para dar origen a las diferentes patologías. Estas pueden ser de diferente naturaleza pero su origen será siempre natural. Se pueden mencionar las siguientes: precipitaciones pluviales, acción solar, erosión eólica, humedades de sustrato ascendentes y variaciones térmicas.

Precipitaciones pluviales

El paso del agua pluvial sobre el mármol actúa corrosivamente barriendo las sales de éste último, lo que trae como consecuencia el deterioro del material.

Los efectos negativos de las precipitaciones pluviales se agudizan en el material por una serie de problemas. Por un lado, existe un proceso de envejecimiento que tiende a alterar la composición química del material. Esta involución, que comienza en la superficie y luego continúa en la parte interna, aumenta notablemente cuando su exposición se combina con factores térmicos y polutivos. El avance del deterioro depende de la calidad de los componentes intrínsecos del mármol (Monk, 1996: 15).

Por otro lado, el deterioro pluvial se acentúa también según el corte y el tallado de la pieza. Donde se comprueba mayor labilidad es en las vetas con orientación vertical. La acción del agua no sólo facilita la erosión por barrido de componentes solubles, sino, también, la aparición y el crecimiento de microorganismos tanto en la parte externa como interna de la pieza. Esto puede derivar en patologías con mayor gravedad. Las vetas del mármol tienen distintas durezas y, por ello, las aguas pluviales las disuelven, según su naturaleza, y forman canaladuras con acción erosiva.

Por último, el agua pluvial se interpone capilarmente en la mayoría de los mármoles facilitando su deformación plástica; esta aumenta ante la exposición al sol y según la calidad de la piedra o la orientación del corte. El tamaño y el volumen de la pieza expuesta incide sobre la deformación por acción de su propio peso (Monk, 1996).

Acción solar

Los rayos solares atacan al mármol expuesto al irradiar calor, rayos infrarrojos y ultravioleta.

Una de las principales implicancias agresivas sobre el mármol tiene que ver con que, al tratarse de una superficie con capacidad de absorción, el calor irradiado moviliza la actividad molecular y, como consecuencia, dilata las masas, crea *cuplas*¹ entre materiales de distinta estructura molecular (Monk, 1996) y produce desplazamientos que se traducen en fisuras superficiales y estructurales.

¹ Se conoce como *cupla* a un par de fuerzas paralelas de sentido contrario y de igual intensidad aplicadas a un mismo cuerpo.

Erosión eólica

Las consecuencias más agresivas de la erosión eólica se verifican por la vehiculización y la proyección de partículas abrasivas, generalmente, acompañadas por agentes químicos erráticos. Las partículas más grandes son las más erosionantes y su actividad se moviliza en dirección a barreras de impacto verticales y a muy poca distancia del suelo. Las partículas pequeñas son menos agresivas pero su acumulación coadyuva con otros tipos de actividad erosiva (Monk, 1996).

Humedades de sustrato ascendentes

Un monumento conmemorativo, asentado en pisos húmedos o sobre cimientos en contacto con la tierra, absorbe agua por capilaridad. En la mayoría de los casos, el suelo presenta un cierto contenido de humedad que se acrecienta porcentualmente con la profundidad y que depende del grosor del cimiento. Cuanto más cerca de la *napa freática*² se encuentren los cimientos, mayor será el aporte de humedad (Monk, 1996). El deterioro se manifiesta con caídas y con desprendimientos de material, con erosión y con disgregación.

Variaciones térmicas

El mármol, al igual que muchos componentes pétreos, sufre agudos cambios a raíz de las variaciones térmicas meteóricas entre el día y la noche (de 0 a 40 grados centígrados) que pueden traer como resultado colapsos por estallido; así, entre lapsos de frío y de calor se verifica un trabajo mecánico y una fatiga que progresivamente deteriora a la piedra.

Una afección característica de las variaciones térmicas es la *laterización*, entendida como la forma característica de descomposición de la piedra por efecto de la combinación del calor y la lluvia.

La acción de la temperatura como agente de desintegración es principalmente indirecta. Modifica la humedad contenida en los poros de las rocas y la solubilidad de las sales y de los gases, acelera las reacciones químicas y facilita la hidrólisis, un fenómeno muy frecuente cuyos efectos se observan en particular cuando las soluciones están expuestas a elevadas temperaturas (Monk, 1996).

2• También denominadas napas subterráneas.

DEGRADACIÓN

Las causas de degradación son las condiciones que propician el desarrollo de cambios en la composición, la estructura y la morfología de los elementos afectados. No actúan de manera independiente sino que principalmente se conjugan para dar origen a las diferentes patologías. Estos pueden ser de diferente naturaleza pero su origen será siempre artificial y/o cultural, debido a la acción humana. Las causas de degradación del mármol pueden ser: polución, sismicidad asociada a factores antropogénicos y ataques.

Polución

Casi todos los componentes químicos del aire son activos agentes de deterioro y esta acción se amplifica cuando vienen asociados con residuos polutivos naturales o producidos por el hombre (Monk, 1996).

Los grandes problemas que devienen de la polución se manifiestan agudamente en zonas industrializadas o de altas concentraciones poblacionales. Indudablemente, la actividad humana es la responsable de casi todos los procesos polutivos. Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión, tanto en industrias como en automóviles, y en calefacciones residenciales que generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y de azufre, entre otros contaminantes.

La combustión del carbón y de otras materias libera productos sólidos (polvo y hollín) en la atmósfera así como contaminantes gaseosos (anhídridos sulfúrico y carbónico). El resultado de esta contaminación puede ser leve en ciertos casos, pero su acción acumulada a lo largo del tiempo sobre la piedra es considerable.

Como consecuencia de la exposición a las atmósferas industriales se depositan sobre la piedra sustancias sólidas que forman una costra porosa que condensa y retiene los gases y la humedad del aire.

Puede considerarse que esta compleja serie de reacciones afecta a la piedra en dos fases: el *ataque superficial* y la *rotura de costra*. En el ataque superficial la caliza se transforma regularmente de fuera hacia adentro formando una costra dura e impermeable de yeso mezclado con hollín y con polvo. Sobre las piedras que no son muy porosas, esta costra puede adherirse fuertemente y resulta hasta cierto punto protectora. La rotura de la costra se debe a menudo a la infiltración de soluciones salinas en el interior de la piedra. La superficie se vuelve polvorienta y la costra se deforma, se desprende y deja al descubierto un interior sensible fácilmente erosionable por la lluvia. La piedra queda, entonces, en un estado sumamente vulnerable.

En definitiva, el mármol, al igual que otros componentes pétreos, está directamente amenazado cuando se descargan libremente en la atmósfera vapores industriales, ya que estos traen como consecuencia no sólo un deterioro del aspecto, sino, también, una desintegración material tangible y nociva.

La contaminación oleosa en aguas de ríos y de mares, en particular la derivada de productos del petróleo, afecta fundamentalmente a los áridos de cualquier granulometría (Monk, 1996).

La deposición de residuos orgánicos volátiles provoca la proliferación microorgánica en los materiales del mármol.

Sismicidad asociada a factores antropogénicos

Muchos procesos de la actividad humana en una sociedad industrializada generan vibraciones: el tráfico vehicular pesado, la maquinaria de construcción, la maquinaria industrial, el transporte subterráneo, etcétera. El potencial de efectos perjudiciales depende de las diversas características de estas vibraciones o de su conjugación: amplitud, frecuencia, duración, y cantidad de ocurrencias. Ante estos movimientos, el bien patrimonial reacciona de modo dinámico según sus propiedades de resistencia y de su resonancia.

Las vibraciones causadas por la actividad humana cobran importancia a medida que las fuentes generadoras de las mismas aumentan en cantidad, en magnitud y en cercanía a los grandes centros urbanos. Estas pueden incidir en la integridad de las estructuras a medida que las fuentes que las producen crecen en presencia y en potencia.

Otras causas antropogénicas

Las condiciones de carácter social, simbólico y político que pueden afectar al estado de conservación de un monumento. Podemos destacar, entre ellas, los conflictos armados, los daños mecánicos, los grafitis y las pintadas. La protección de los bienes culturales es un fenómeno complejo que forma parte del mismo conflicto.



PATOLOGÍAS

Las patologías son los procesos de transformación en una obra o en parte de ella, que ocasionan su deterioro y que generan una depreciación de su valor documental/histórico, arquitectónico/artístico y significativo/simbólico (González Moreno-Navarro, 1999). Estas son las tres dimensiones que definen la condición monumental de una pieza.

El término patología debe ser entendido desde una doble óptica. Por un lado, se refiere al estudio de las enfermedades que afectan a una obra, en tanto quede comprometida su condición estructural o se encuentre perjudicada su condición superficial. Por el otro, se asocia al estudio de los síntomas y de los signos a través de los cuales se manifiestan las enfermedades y las causas que las producen.

En cualquier caso, dividimos las patologías en función de si afectan a la superficie de la pieza o si comprometen al volumen estructuralmente. Esto permite pensar los procesos de intervención de manera diferenciada. Las patologías suponen intervenciones de distinto grado y la eficacia de estas depende de la calidad científica del diagnóstico. Una característica central de las patologías es que poseen una condición dinámica, es decir, que no dejan de actuar mientras no cese la acción de los diferentes agentes que la causan. A su vez, las patologías no actúan independientemente, sino que pueden interrelacionarse y complejizar el estado de conservación de la obra. Finalmente, las patologías se clasifican de acuerdo con grados de afección y se dividen en *patologías superficiales* y en *patologías estructurales*.

PATOLOGÍAS SUPERFICIALES

Las patologías superficiales se refieren a los procesos de modificación, tanto de un componente como del conjunto, que se materializan en el aspecto exterior de la obra sin comprometer su integridad estructural.

Las patologías son dinámicas y siguen desarrollándose si no son intervenidas a tiempo. En este sentido, pueden devenir en un agravamiento del aspecto exterior y, en ciertos casos, pueden desarrollarse al punto de conformarse en patologías de índole estructural.

Las patologías superficiales se clasifican de la siguiente manera: fisuras, patologías asociadas a la pérdida de material, patologías asociadas a los depósitos y a la alteración cromática y patologías asociadas a la invasión biológica.

FISURAS

FISURA INDIVIDUAL / FISURA VINCULADA / FISURA CONMINUTA / FISURA PARALELA / FISURA TRANSVERSAL / FISURACIÓN RADIAL / CRAQUELADO

PATOLOGÍAS ASOCIADAS A LA PÉRDIDA DE MATERIAL

PARTES DESPRENDIDAS / FALTANTES / CRISTALIZACIÓN / ESTALLIDO / DISGREGACIÓN GRANULAR SACAROIDEA / MICROKARSTIFICACIÓN / ESTRATIFICACIÓN / ALVEOLIZACIÓN / EROSIÓN / DISYUNCIÓN DE PELÍCULAS - PELADURA - PEELING / PICADURA/PITTING / DAÑO MECÁNICO

PATOLOGÍAS ASOCIADAS A LOS DEPÓSITOS Y A LA ALTERACIÓN CROMÁTICA

DEPÓSITOS EXÓGENOS / SUCIEDAD SUPERFICIAL / COSTRA / ALTERACIÓN CROMÁTICA

PATOLOGÍAS ASOCIADAS A LA INVASIÓN BIOLÓGICA

INVASIÓN BIOLÓGICA VEGETAL / INVASIÓN BIOLÓGICA ANIMAL / INVASIÓN BIOLÓGICA MICROORGANICA

Fisuras

Las fisuras se manifiestan exteriormente con un desarrollo lineal claramente visible; interrumpen la continuidad del volumen pétreo y suponen su separación en dos partes pero sin fragmentarlo.

Jorge Ordaz Gargallo y Rosa María Esbert (1988) definen el término fisura como una discontinuidad planar, macroscópica o microscópica (microfisura) con diverso origen y con dimensiones variables.

Las fisuras pueden deberse a una situación de permanencia a la intemperie, a problemas estáticos, a la dilatación por oxidación de hierros internos o a rejuntados con morteros demasiado duros. También pueden ser causadas por vibraciones derivadas de la sismicidad y por la exposición al fuego o al frío excesivo, entre otros factores.

De acuerdo con las formas y las figuras esculpidas, podemos encontrar zonas en las que es común que se desarrollen fisuras debido a los impactos en el proceso de talla original. Esto se visibiliza en los encuentros de volúmenes en un único bloque.

Las fisuras poseen una condición dinámica: con el transcurso del tiempo pueden avanzar en longitud, en grosor y en profundidad y comprometer la integridad del volumen pétreo. Es decir que una fisura que se percibe en un primer momento como superficial puede devenir en estructural.

A partir de estas características, las fisuras superficiales pueden dividirse o clasificarse en distintos tipos: individual, vinculada, conminuta, paralela, transversal, radial y craquelado.

FISURA INDIVIDUAL

Las fisuras individuales superficiales tienen escasa profundidad, grosor, amplitud y extensión de recorrido, por lo que en lo inmediato no suponen un riesgo estructural. El bloque puede presentar más de una fisura pero ellas no se entrecruzan en su recorrido.



FISURA VINCULADA

Las fisuras vinculadas presentan las mismas características que las fisuras individuales superficiales pero con la particularidad de que sí se unen en su recorrido.



Recorrido regular



Recorrido irregular

FISURA CONMINUTA

El bloque presenta una o más fisuras acompañadas por pequeñas fragmentaciones que evidencian la falta de cohesión del material. Al igual que los otros tipos de fisuras, estas perjudican solo el aspecto exterior siempre que posean escasa profundidad, grosor, amplitud y/o extensión de recorrido.

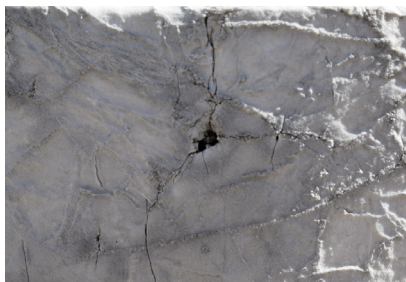


FISURA PARALELA

El bloque presenta fisuras de escasa profundidad, grosor, amplitud y/o extensión de recorrido en el sentido del ordenamiento molecular predominante.

FISURA TRANSVERSAL

Las fisuras transversales se extienden sobre la pieza independiente al ordenamiento molecular. Al ser una patología superficial, presenta escasa profundidad, grosor, amplitud y/o extensión.



FISURACIÓN RADIAL

Las fisuras radiales nacen a partir de un centro y avanzan en forma multidireccional. Pueden ser originadas debido a elementos oxidados insertados en un bloque, daños mecánicos por impacto, formación de geodas, etcétera. Comprometen solo la condición superficial debido a su escasa profundidad, grosor, amplitud y/o extensión de recorrido.

CRAQUELADO

El craquelado es cuando se producen múltiples microfisuras en la superficie, dispuestas en forma de red, que se extienden sin adentrarse en profundidad. En ocasiones pueden devenir en fisuras profundas.



Patologías asociadas a la pérdida de material

Este tipo de patologías se vincula a la disminución de material según diferentes factores, ya sean naturales, artificiales o combinados. Estos pueden concluir en una pérdida de material gradual o repentino.

A continuación, se describen los siguientes tipos: partes desprendidas, faltantes, cristalización, estallido, disgregación granular sacaroidea, microkarstificación, estratificación, alveolización, erosión, disyunción de películas/peladura/peeling, picadura y daño mecánico.

PARTES DESPRENDIDAS

Un desprendimiento es un fragmento que previamente formaba parte de un todo y que fue escindido. Como resultado, el bloque pierde integridad superficial y se visualiza en él un espacio vacío.

Una parte desprendida es un tipo de fragmentación que se caracteriza por ser de escaso tamaño con relación a la totalidad. Por dicha condición esta patología afecta a la integridad superficial del componente sin comprometer su condición estructural.

El desprendimiento existe en tanto pieza autónoma que puede ser restaurada para integrarse nuevamente al bloque.



FALTANTES

El concepto remite a la ausencia de una parte de la obra que afecta su integridad formal, estética y simbólica. La continuidad formal del componente escultórico es interrumpida por la carencia de material reconocido como parte de la configuración original. Como resultado, el componente pierde integridad superficial sin comprometer su condición estructural. «Los resaltes y salientes, así como las partes particularmente expuestas de las esculturas (nariz, dedos) son, típicamente, las zonas donde se suele producir la pérdida de material por esta causa» (ICOMOS-ISCS, 2010: 36). Además de estas observaciones, los faltantes de un monumento pueden deberse a causas intencionales o no, como el hurto de material, los atentados, los daños mecánicos, etcétera.

Cabe hacer una distinción entre la parte desprendida y el faltante. Si bien ambos términos refieren al espacio vacío en el lugar donde antes había algo, el primero connota su existencia material, mientras que el segundo se

refiere, específicamente a la inexistencia o a la desaparición física del material reconocido como fragmento o parte.

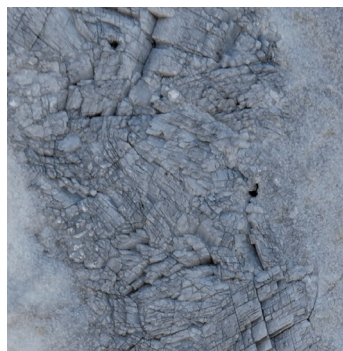


CRISTALIZACIÓN

La cristalización es un proceso natural que modifica las propiedades físico-químicas del mármol y que origina, comúnmente, la formación de geodas. Una geoda es una pequeña cavidad rellena de minerales. En ellas, los huecos se forman por la disolución de la roca, como ocurre con el carbonato cálcico, o como consecuencia de la apertura de un determinado espacio.

Pueden estar rellenas por los minerales que han precipitado en las paredes de la cavidad (llamados nódulos) o puede quedar un espacio hueco en el interior. De cualquier forma, es común que se observen bandas de diferentes minerales con tonalidades diversas.

En las rocas sedimentarias, como el mármol, los minerales que precipitan para formar las geodas llegan hasta ella disueltos en el agua y una vez allí se comienzan a gestar los cristales de su interior. Dichos cristales están compuestos, en la mayoría de los casos, por calcita o por alguna variedad de cuarzo. Esta formación puede propiciar a futuro distintos tipos de patologías, como fisuras (particularmente fisuraciones radiales), costras, colonizaciones biológicas, entre otras.



Componente con diversos procesos de cristalización



Proceso de cristalización que devino en la formación de geodas



Elemento oxidado que produce fragmentaciones y desprendimiento de material

ESTALLIDO

Es una forma de deterioro que se manifiesta, generalmente, en forma de cráter irregular (icomos-iscs, 2010) y que se produce como consecuencia de una presión ejercida desde el interior de la pieza hacia afuera. Esta puede deberse a elementos propios de la piedra, como la formación de geodas, o puede ser ejercida por elementos extrínsecos, como la oxidación de anclajes metálicos.

DISGREGACIÓN GRANULAR SACAROIDEA

La disgregación es la pérdida de material por desprendimiento de granos provocada por falta de cohesión en el material (icomos-iscs, 2010). Esta patología consiste en la alteración física que comporta, generalmente, un debilitamiento de las cualidades resistentes de una piedra. Es comprobable empíricamente mediante el tacto, dado que presenta una textura semejante a los granos de azúcar. Los daños comienzan en la superficie del material, pero pueden agravarse al punto de modificar la forma original.

Con respecto a los mármoles cristalinos blancos, la disgregación granular adquiere el nombre de *disgregación sacaroidea*.



Pérdida de cohesión granular

MICROKARSTIFICACIÓN

La microkarstificación consiste en una retícula de pequeñas depresiones interconectadas de tamaño milimétrico o centimétrico (icomos-iscs, 2010) que se asemejan a una red.

Las formas de microkarstificación se deben a la disolución parcial y/o selectiva de la superficie de la piedra calcárea y aparecen, frecuentemente, cuando el material se halla expuesto a la intemperie.



Descamación



Delaminación

ESTRATIFICACIÓN

La estratificación supone la disposición en niveles, capas o estratos claramente diferenciados de la superficie de la roca. Dentro de esta patología se puede distinguir la *descamación* y la *delaminación*.

La *descamación* es un tipo de estratificación que, de acuerdo con el *Glosario Ilustrado de formas de deterioro de la piedra* (2010), del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (icomos) y del Comité Internacional Científico de la Piedra (iscs), se refiere a un desprendimiento en escamas que se desarrolla paralelamente al plano de superficie de la piedra. Este tipo de desprendimiento no obedece al ordenamiento molecular del material.

La *delaminación* es un proceso de separación laminar que afecta a piedras, fundamentalmente, sedimentarias (icomos-iscs, 2010). Corresponde a una separación física en una o en varias capas en relación con el ordenamiento molecular de la piedra. Eventualmente, la delaminación puede ocasionar desprendimientos.

ALVEOLIZACIÓN

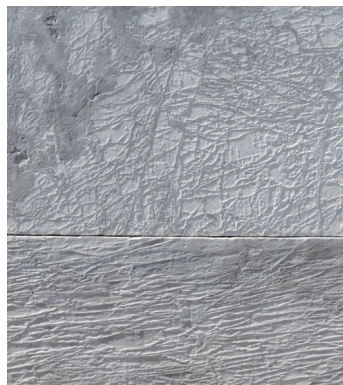
La alveolización es un tipo de deterioro vinculado a modificaciones en las propiedades físicas y químicas de la piedra, que produce la formación de cavidades (alveolos) interconectadas en la superficie (Ordaz & Esbert, 1988). Su tamaño suele ser centimétrico y su aspecto variable y puede acompañarse de otras formas, como la disgregación granular.

En algunos casos, existe un subtipo de alveolización denominado *craterización*, que es una erosión consistente en un solo alveolo sin interconexión con otros (icomos-iscs, 2010).



EROSIÓN

Erosión es un término genérico que se aplica a los procesos físicos, químicos y biológicos que producen el rebajamiento de la superficie por pérdida de material (Ordaz & Esbert, 1988) y que provocan una degradación regular o irregular, un suavizado de las formas, entre otras consecuencias. La erosión puede deberse a causas de afección naturales (erosión eólica, erosión pluvial, acción solar, etcétera) y/o artificiales (antrópicas), que dan lugar a diferentes tipos de procesos: *erosión diferenciada* y *redondeo por erosión*.



Erosión diferenciada

La erosión diferenciada es entendida como la pérdida de la superficie original que «no avanza con la misma velocidad en las distintas áreas de la piedra. Como resultado, la piedra no se degrada regularmente. Este rasgo se encuentra en piedras heterogéneas que contienen zonas más duras y/o menos porosas» (ICOMOS-ISCS, 2010: 30). Un sinónimo de erosión diferenciada puede ser *desarrollo en relieve*.

El redondeo por erosión se refiere al suavizado de las formas genera un redondeo de las aristas de una piedra. Como consecuencia, la definición original de la forma (por ejemplo, en los ángulos) se va perdiendo.



Redondeo por erosión

DISYUNCIÓN DE PELÍCULAS/PELADURA/PEELING

Es un desprendimiento o «despellejamiento de una fina capa superficial (submilimétrica a milimétrica), con aspecto de película o de recubrimiento que ha sido aplicado en la superficie de la piedra» (ICOMOS-ISCS, 2010: 24).



PICADURA/ PITTING

La picadura es una patología que revela la formación de pequeños orificios que se asimilan a un punteado en la superficie de la piedra. Dicho punteado puede ser milimétrico o submilimétrico y mantiene una morfología cilíndrica o cónica, generalmente sin interconexión. Este proceso tiene su origen en la degradación parcial o selectiva, y puede ser inducido por agentes químicos o biológicos o aparecer como resultado de métodos de limpieza abrasivos muy severos o inadecuados (ICOMOS-ISCS, 2010).



DAÑO MECÁNICO

El daño mecánico es una patología genérica que responde a la pérdida de material de la piedra como consecuencia de acciones mecánicas (ICOMOS-ISCs, 2010). En la mayoría de los casos, los daños mecánicos tienen un origen antrópico accidental o intencional. Y pueden subdividirse en distintos tipos de acuerdo con la característica formal que se observa en la piedra: *daño por impacto*, *daño por tracción*, *rayadura*, *incisión*, *abrasión*.

El daño por impacto puede ser originado por caídas, por el impacto de herramientas o de proyectiles, etcétera. El aspecto de dicha patología es variable según el objeto, su fuerza de impacto y la piedra.

El daño por tracción es originado por manipulaciones inadecuadas que pueden realizarse en procesos de desmontes y traslados de obras ocasionando fragmentaciones de diversa gravedad y desprendimientos.

Las rayaduras se presentan como líneas en depresión respecto al plano de superficie y son ocasionadas por objetos punzantes.

La incisión es originada por el uso de herramientas cortantes. Posee un aspecto lineal de mayor profundidad o espesor que una rayadura.

La abrasión se refiere al desgaste de la superficie por medio de fricción que genera depresiones por pérdida de material.



Daño por impacto



Rayaduras



Incisión



Abrasión mecánica

Patologías asociadas a los depósitos y a la alteración cromática

Las patologías asociadas al depósito y a la alteración cromática se refieren a la adición de elementos externos a la obra. Tienen relación con las patologías vinculadas a la alteración cromática porque la diversa naturaleza de esos elementos —determinada por formas, por tamaños y por colores disimiles al mármol— llevan a una depreciación del valor cromático de la obra.

Los procesos de alteración cromática no derivan puramente de factores externos, sino, también, de factores intrínsecos, como modificaciones en la composición físico-química del mármol. Las patologías asociadas al depósito y a la alteración cromática pueden clasificarse en depósitos exógenos, suciedad superficial, costra y alteración cromática.

DEPÓSITOS EXÓGENOS

Son una acumulación de material exógeno de distintas características y con variadas procedencias. Los depósitos pueden poseer variables en el grado de adhesión y de cohesión a la piedra. Pueden pasar de niveles superficiales fáciles de remover a penetraciones irreversibles. Los depósitos se caracterizan por el color, la morfología, el tamaño y la naturaleza u origen (natural o artificial). Por ejemplo, pueden considerarse depósitos exógenos las salpicaduras de pintura o mortero, las partículas atmosféricas (hollín o polvo), los guanos de aves, los restos de productos o de materiales utilizados en restauración, los restos de abrasivos utilizados en la limpieza, etcétera.



SUCIEDAD SUPERFICIAL

La suciedad superficial es un depósito de una fina capa de partículas exógenas (polvo, hollín, etcétera), que genera una apariencia de suciedad en la piedra. Al tener escaso grado de adhesión y ser de simple remoción, no afecta la integridad del material.

La suciedad puede originarse por la acción de contaminantes atmosféricos (productos industriales, domésticos o emisiones del tráfico) o por partículas transportadas por flujos de aire. Con el paso del tiempo esta suciedad puede devenir en costra.



COSTRA

La costra es la acumulación coherente de material en la superficie. Puede incluir depósitos exógenos en combinación con materia derivada de la misma piedra. Las costras poseen un color oscuro (costra negra), aunque también las hay de colores claros. Pueden tener un espesor homogéneo a la superficie de la piedra o un espesor irregular que dificulte ver con claridad la forma original. Una costra puede estar fuerte o débilmente ligada al bloque. A menudo la costra se desprende y arrastra material pétreo.

Visualmente se distinguen, en general, por rasgos morfológicos (a veces en forma de caparazón), por dureza (se hallan endurecidas con respecto al material rocoso alterado) y por color.

La coloración de las costras negras se debe al contenido de productos carbonosos de contaminación como hollín, polvo, etcétera.



ALTERACIÓN CROMÁTICA

La alteración cromática es la modificación del color original de la piedra en uno de los tres parámetros de color: tono, luminosidad y saturación. Esta alteración puede afectar a la superficie y/o a la piedra en profundidad (icomos-iscs, 2010), y es el resultado de las sales, la corrosión de metales, los microorganismos o la exposición a la intemperie, etcétera. La modificación del color original puede darse por distintos procesos: *coloración*, *decoloración*, *manchas de humedad*, *tinción* u *eflorescencia*.

La coloración se refiere a los cambios en el tono, la luminosidad y/o la saturación de manera que se modifique el color original.

La decoloración es la pérdida del aspecto cromático original de la piedra, que tiende al blanqueamiento de la superficie pétreo.

Las manchas de humedad generan un oscurecimiento de la superficie como consecuencia de depósitos exógenos y de colonizaciones biológicas microorgánicas. Eventualmente, con el paso del tiempo, pueden devenir en tinciones.

La tinción es el teñido o manchado cuya extensión sobre la superficie de la piedra es limitada.

Las eflorescencias son el resultado de sales solubles emergentes del material pétreo, poseen un aspecto blanquecino y poca cohesión al sustrato. Son de fácil remoción y son el resultado de la evaporación de agua salina presente en la estructura porosa de la piedra.



Coloración



Tinción

Patologías asociadas a la invasión biológica

Estas patologías se refieren a la presencia invasiva en la piedra de flora, fauna y microorganismos. El surgimiento y el desarrollo de estas patologías dependen de la existencia de condiciones climáticas y geográficas favorables. La invasión biológica puede evolucionar haciendo posible la transición de una patología superficial hacia una estructural. Pueden ser de carácter vegetal, animal o microorgánica.

INVASIÓN BIOLÓGICA VEGETAL

La invasión biológica vegetal se refiere a diversidad de plantas, algas, malezas, hierbas, etcétera, que pueden crecer dentro del bloque pétreo, sobre su superficie o en su entorno próximo. Al incrementar su tamaño pueden acarrear dificultades estructurales.



INVASIÓN BIOLÓGICA ANIMAL

La invasión biológica animal tiene que ver con los nidos de aves y de distintos tipos de insectos (arañas, polillas, hormigas) que, al aportar elementos externos a la pieza, propician el desarrollo de patologías, principalmente, superficiales.



INVASIÓN BIOLÓGICA MICROORGÁNICA

La invasión biológica microorgánica es la aparición de diversas bacterias y hongos que traen aparejadas patologías, como la *alteración cromática*. A su vez, su desarrollo en el tiempo comúnmente deriva en la aparición de diversos tipos de flora.



PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES

Las patologías estructurales se refieren a cambios sustanciales que modifiquen la integridad del bloque y/o del conjunto. En el caso de obras de múltiples componentes, estas propiedades deben considerarse en la integridad de cada parte como en su relación con el conjunto.¹

FISURAS

FISURA INDIVIDUAL / FISURA VINCULADA / FISURA CON DESPLAZAMIENTO / FISURA CONMINUTA / FISURA PARALELA / FISURA TRANSVERSAL / FISURACIÓN RADIAL

FRAGMENTACIONES

FRAGMENTACIÓN ÚNICA / FRAGMENTACIÓN MÚLTIPLE / FRAGMENTACIÓN PARALELA / FRAGMENTACIÓN TRANSVERSAL / FRAGMENTACIÓN RADIAL

1• Los monumentos se pueden clasificar en dos tipos: los de componente único (un solo bloque) y los de componentes múltiples (más de un bloque). Podemos considerar a cada componente como una estructura en sí misma entendiéndola como una integridad monolítica (bloque) con propiedades particulares de peso, forma, y composición.

Fisuras

La fisura se manifiesta exteriormente con un desarrollo lineal claramente visible, que interrumpe la continuidad del volumen pétreo. Esto produce la separación del bloque, pero sin fragmentarlo.

Una fisura puede indicar que la estructura molecular interior del bloque no está intacta. La gravedad de su estado se determina en función de su grosor, de su longitud y de su profundidad con relación al tamaño del volumen, pudiendo llegar a comprometer su estructura. La gravedad de ésta patología no siempre puede detectarse a través del examen organoléptico y su desarrollo puede provocar que la entereza del bloque sea susceptible a fracturarse y a fragmentarse.

Las fisuras se clasifican de la siguiente manera: individuales, vinculadas, con desplazamiento, conminuta, paralela, transversal y radial.

FISURA INDIVIDUAL

Las fisuras individuales no se entrecruzan en su recorrido, es decir, el bloque presenta más de una fisura pero ellas no se tocan. Para que las fisuras individuales supongan un riesgo estructural deben tener una profundidad y una longitud tal que atravesase la pieza y que comprometa su integridad.



FISURA VINCULADA

Las fisuras vinculadas se cruzan en su recorrido, es decir, el bloque presenta más de una fisura y estas, además, se unen en su recorrido. Pueden tener menor longitud y profundidad que las fisuras individuales, pero al vincularse comprometen la integridad de un componente.



FISURA CON DESPLAZAMIENTO

Las fisuras con desplazamiento son aquellas que abren el bloque y que producen un movimiento en el volumen. Esta apertura implica su separación ya que se manifiestan movimientos diferenciados entre las partes del bloque.



FISURA CONMINUTA

La fisura conminuta es aquella que está acompañada por pequeñas fragmentaciones evidenciando la falta de cohesión del material.



FISURA PARALELA



Las fisuras paralelas son aquellas que van en el sentido del ordenamiento molecular predominante. Estas, en comparación con las fisuras transversales, son más susceptibles de desarrollarse en el tiempo ya que están orientadas en el sentido de las vetas del mármol. A simple vista, el ordenamiento molecular se detecta a partir de la orientación de las vetas del mármol. Dicho ordenamiento no siempre puede detectarse con facilidad debido a que un mismo bloque puede presentar ordenamientos moleculares combinados y/o multidireccionales.

FISURA TRANSVERSAL



Las fisuras transversales son aquellas que, como su nombre lo indica, están en un sentido transversal al del ordenamiento molecular predominante. Se presentan con menor frecuencia con relación a las fisuras paralelas.

FISURACIÓN RADIAL

Las fisuras radiales se originan a partir de un centro y avanzan en forma multidireccional. Pueden ser originadas debido a elementos oxidados insertados en un bloque, a daños mecánicos por impacto, a formación de geodas, etcétera.



Fragmentaciones

La fragmentación es una división del volumen pétreo en dos o más partes. En consecuencia, la integridad monolítica del volumen se pierde.

De acuerdo con el *Glosario Ilustrado de formas de deterioro de la piedra* (2010), del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (icomos) y del Comité Internacional Científico de la Piedra (iscs), una fragmentación connota la rotura parcial o total de la piedra en trozos o en partes de dimensiones variables que comprometen la integridad estructural del bloque, con formas, volúmenes y tamaños irregulares. En algunos casos, los fragmentos pueden percibirse unidos.

Las fragmentaciones se clasifican de la siguiente manera: única, múltiple, paralela, transversal y radial.

FRAGMENTACIÓN ÚNICA

La fragmentación única es la que da como resultado que el bloque se haya dividido en dos partes.



FRAGMENTACIÓN MÚLTIPLE

Las fragmentaciones múltiples son las que escinden el bloque en más de dos partes].



FRAGMENTACIÓN PARALELA

La fragmentación paralela es cuando el bloque presenta fragmentaciones en el sentido del ordenamiento molecular predominante.



FRAGMENTACIÓN TRANSVERSAL

El bloque presenta fragmentaciones transversales al sentido del ordenamiento molecular predominante.



FRAGMENTACIÓN RADIAL

La fragmentación radial se origina a partir de un centro y genera un desprendimiento que puede deberse a elementos oxidados insertados en un bloque, a daños mecánicos por impacto, a formación de geodas, etcétera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ordaz Gargallo, Jorge y Esbert, Rosa María (1988). «Glosario de términos relacionados con el deterioro de las piedras de construcción». Revista *Materiales de construcción*, volumen 38 (2009), pp. 39-45. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (icomos) y Comité Internacional Científico de la Piedra (iscs) (2010). *Glosario Ilustrado de formas de deterioro de la piedra*. París: icomos.

Monk, Felipe (1996). *Patología de la piedra y de los materiales de la construcción*. Buenos Aires: CEPRAA.

Tellechea, Domingo (1981). *Enciclopedia de la Conservación y la Restauración*. Buenos Aires: Technotransfer.

González Moreno-Navarro, Antoni (1999). *La restauración objetiva (Método sccm de restauración Monumental)*. Barcelona: Diputación de Barcelona.

