

Impacto ambiental sobre el patrimonio monumental en piedra

José María GARCIA DE MIGUEL
Catedrático de Mineralogía
Lázaro SANCHEZ CASTILLO
Ingeniero Técnico de Minas
María Teresa GONZALEZ AGUADO
Profesora Titular
Octavio PUCHE RIART
Profesor Titular de Esc. Univ.

E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid



Detalle de costra negra sobre caliza travertínica provocado por la actividad de una gran ciudad. Puente de San Angelo (Roma).

Introducción

La rápida evolución industrial y los procesos de consumo en los últimos años, en los países desarrollados, están originando un acelerado proceso de deterioro del Patrimonio Monumental. Ello ha dado lugar a que estratos cada vez más amplios de la sociedad se sensibilicen ante el problema.

Un monumento no debería ser considerado como algo aislado: a lo largo del tiempo se ha armonizado y equilibrado con su entorno. La evolución temporal de ese entorno, desde los puntos de vista climático, físico-químico, político, social, etc., han provocado lentas modificaciones para restablecer el equilibrio, tanto en la propia edificación monumental, como en los materiales que lo componen. Estas modificaciones, han venido implicando, normalmente, un proceso de deterioro, eufemísticamente denominado "Mal de la Piedra".

El rápido desarrollo reciente ha motivado un fuerte desequilibrio entre el ambiente y la edificación monumental, al que esta última no puede responder sino con rápidos procesos de degradación, que han alarmado a los sectores más sensibles de la comunidad. Hablamos de la contaminación ambiental, el incremento de las vibraciones debidas al tráfico y a la industria, la especulación del suelo, la necesidad de territorio, para atender las demandas en áreas densamente pobladas, las obras de infraestructura, las hipotéticas necesidades de representación política de entidades que tienden a ocupar edificios históricos, etc.

El problema es especialmente grave en aquellos países que, como el nuestro, ubican en su suelo un ingente patrimonio histórico-artístico. Y esto es así, tanto por la

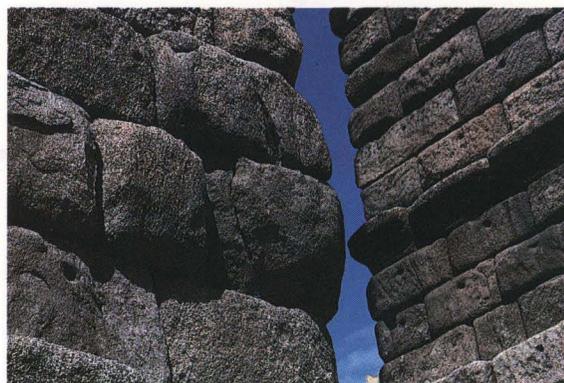


Vibraciones provocadas por el intenso tráfico que circula en las inmediaciones del acueducto de Segovia.

cuantía de las inversiones requeridas para su conservación, como por la urgencia de medidas de orden legal necesarias para protegerlo de las fuertes tensiones sociales, económicas y políticas.

El patrimonio monumental de un determinado país, no debería ser considerado como una propiedad nacional, sino como un legado perteneciente a toda la humanidad. La comunidad que lo custodia, tiene la responsabilidad de conservarlo y transmitirlo. Este legado ha llegado a nuestro tiempo en un determinado estado de conservación. La función del restaurador debería ser la de evitar el progreso de su deterioro, para de esta forma legarlo en la misma situación en que lo recibió. En consecuencia, se debe resistir la tentación de efectuar intervenciones excesivas, y ello por dos razones:

- * El patrimonio monumental en piedra, no sólo es portador de valores estéticos y artísticos, sino que contiene los restos de técnicas artesanales transmitidas de maestros a aprendices y sin registros bibliográficos. Este conocimiento, actualmente perdido, también forma parte del patrimonio cultural de una comunidad. Restauraciones poco respetuosas pueden llegar a borrar sus vestigios, impidiendo su estudio futuro, con medios más perfeccionados derivados del avance de la tecnología y, en consecuencia, su recuperación (este es el caso de limpiezas agresivas sobre monumentos, que eliminan policromías, veladuras y pátinas de protección, como si se tratara de simple suciedad).
- * En segundo lugar, y por idénticas razones, intervenciones irreversibles, efectuadas a la luz de los conocimientos actuales, pueden crear dificultades



Vista de detalle de la anterior.

adicionales e insuperables a los restauradores del futuro, provistos éstos, con más medios y recursos más depurados.

Las ciudades técnicas artesanales de protección deberían merecer el mayor respeto, por cuanto gracias a ellas nos ha sido transmitido el patrimonio monumental a lo largo de los siglos, máxime cuando ningún fabricante actual de productos de conservación garantiza una durabilidad superior a un cuarto de siglo para cualquier tratamiento de protección.

Dejando de lado los aspectos económicos, sociales y políticos, son de temer dos factores de agresión en las zonas urbanizadas e industrializadas: la contaminación de todo tipo, y las vibraciones.

Naturaleza de los contaminantes

Los contaminantes atmosféricos tienen como efecto general el incremento de la acidez del agua y la humedad en el ambiente. Proceden fundamentalmente, de la combustión en motores de explosión, calefacciones, centrales térmicas y procesos industriales, tanto del carbón, como de los derivados del petróleo. La industria, especialmente la industria química, también es responsable aunque en menor medida, de la presencia de contaminantes ácidos en la atmósfera.

El más extendido y peligroso deriva del azufre contenido en combustibles fósiles. Este azufre, en el proceso de combustión, se combina con el oxígeno atmosférico, para dar lugar a la formación de anhídrido sulfuroso (SO_2). Dicho compuesto oxidado llega a sufrir un proceso catalítico, debido a distintos factores (luz, humedad, óxidos de hierro, óxidos de nitrógeno, partículas de carbón activado, etc.) transformándose en anhídrido sulfúrico (SO_3) el



Actuaciones de restauración poco cuidadosas crean disarmonía entre los materiales de la edificación. La Iglesia de San Antonio de Ibarra (Ecuador) colapsó durante un sismo provocando 19 víctimas como consecuencia de la rigidez de las vigas de hormigón con que fue restaurada, mientras que los materiales originales, a base de piedra andesítica con cemento de cal, han resistido el evento.

cual a su vez, reacciona con la humedad generando ácido sulfúrico (SO_4H_2). Las partículas de hollín, en suspensión en el aire y depositadas sobre los muros de piedra, son en gran medida responsables de este proceso.

El ácido sulfúrico en forma de pequeñas gotitas, junto con partículas sólidas de hollín, ceniza, carbón y líquidas de alquitrán, gas-oil, etc., ataca a la piedra formando una capa de alteración que se viene denominando "costra negra". Esta costra se encuentra formada fundamentalmente por sulfato cálcico, producto de la reacción entre el ácido sulfúrico y el calcio de la piedra (de las plagioclasas y anfíbol en granitos y de la calcita y dolomita en calizas y calcarenitas; los feldespatos se hidrolizan con facilidad en medio ácido y los carbonatos se disuelven). Las costras tienen un espesor entre 0,1 y 1 mm. Debajo de ellas aparece una capa de piedra alterada y desagregada. Unos dos centímetros por debajo de la superficie se encuentra la roca fresca. El color negro se debe a las partículas sólidas y líquidas que acompañan al ácido y que se depositan sobre la superficie, al mismo tiempo que se efectúa el ataque. El contenido en yeso disminuye progresivamente hacia el interior.

En la precipitación de gotitas y aérosoles, sobre la piedra, influye la carga eléctrica negativa de la superficie de ésta.

Por su parte el magnesio de los anfíboles y dolomita, forma sulfatos muy solubles, y peligrosos, y lo mismo ocurre con algo de alúmina.

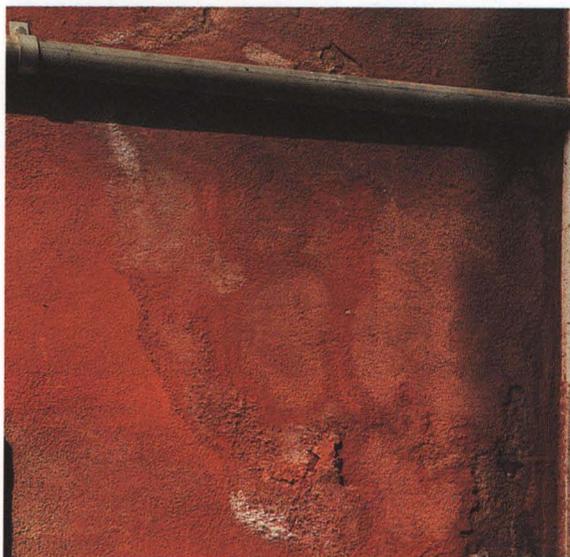
El resultado es la generación de una costra dura, densa, con permeabilidad reducida respecto al agua y al vapor de agua, sobre una capa arenizada y carga-

da de sales solubles. Esta costra termina por desprenderse, presentando la piedra un aspecto característico.

Los óxidos de nitrógeno producidos por la combustión de los motores de explosión y de las chispas eléctricas también contribuyen a crear un ambiente ácido, aunque las sales producidas por reacción con la piedra no son tan peligrosas como las derivadas del ácido sulfúrico.

En el grado de proceso y en la actividad de estos contaminantes no sólo contribuyen procesos físico-químicos (naturales del sustrato). Recientemente se han realizado estudios sobre la evolución de tiobacterias y nitrobacterias, para determinar el grado y naturaleza de la intervención de estos organismos en los procesos de degradación.

Los contaminantes sólidos pueden ser diversos y de distinta procedencia. En primer lugar se encuentran en las partículas de hollín y alquitrán que se fijan sobre la piedra, ensuciándola, catalizando reacciones ácidas con la humedad y siendo portadoras, en definitiva, de elementos gaseosos y líquidos absorbidos, con fuerte poder de degradación. Junto con el sulfato cálcico,



Efflorescencia producida por la cristalización de sales en un mudo estucado en Murado (Venecia). Estas sales muchas veces proceden del ataque de los contaminantes atmosféricos al material constructivo.

ARTICULO



Fotomicrografía al Microscópio Electrónico de Barrido de sales (sulfatos y cloruros) producidos por la contaminación en el material pétreo. Edificio del Ministerio de Hacienda de la calle Alcalá de Madrid.

procedente del ataque a la piedra por el ácido sulfúrico, constituyen un integrante fundamental de las ya citadas "costras negras", producto estas últimas, del ataque, y base para la prosecución del mismo.

Otros contaminantes sólidos proceden de abonos, fertilizantes, plaguicidas, etc. El asentamiento humano también contribuye, por ejemplo, mediante la costumbre, que afortunadamente se va desterrando, de orinar en los muros, o mediante el encendido de hogueras (como ocurre por citar un caso, con el Convento de San Francisco, en Quito), la ejecución de "grafitis", o el aparcamiento de coches, cuyos tubos de escape ensucian y degradan los muros. Limpiezas ó tratamientos inadecuados de fachadas que dan lugar a la presencia de bases fuertes, así como la utilización inadecuada de cemento Portland en la restauración, son ejemplos de intervenciones de conservación inadecuadas que pueden dar lugar a la presencia de contaminantes sólidos, lesivos para la piedra. El efecto final, es la presencia, dentro de los capilares del material, de sales solubles, algunas de ellas, extraordinariamente peligrosas.

Mecanismos de degradación

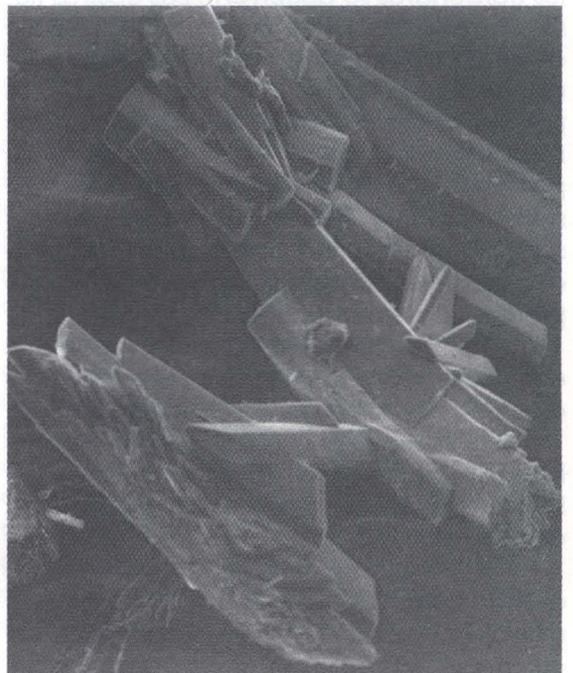
Los mecanismos físicos de degradación más importantes son: los cambios en el estado de hidratación de sales solubles en los poros, las heladas y el choque térmico día-noche. Los dos últimos, se deben, fundamentalmente, a procesos naturales y no serán aquí tratados, mientras que en el primero es decisiva la intervención humana.

Ataque mediante cristalización de sales solubles

Las sales solubles tienen un efecto químico en la degradación de la piedra, mediante la reacción con los componentes de ésta, pero los efectos devastadores, que a veces pueden observarse, se deben sobre todo a procesos mecánicos ligados a la cristalización y al cambio de volumen entre distintos estados de hidratación.

Las sales solubles, dentro del sistema poroso de la piedra, pueden tener diversos orígenes:

- * Ataque a la piedra por una atmósfera ácida debida a contaminación. Los carbonatos de calcio se transforman en yeso en rocas carbonatadas. Los fel-



Fotomicrografía al Microscopio Electrónico de Barrido de sulfato cálcico producido como consecuencia del ataque de los contaminantes a la roca calcárea. Residuo salino de Piedra de Novelda utilizada para restaurar, a principios de siglo, la fachada de la Antigua Universidad de Alcalá de Henares.

ARTICULO



Degradación pétreo con suciedad y pérdida de material calcáreo, producida por la fuerte contaminación emitida por las Industrias químicas en el denominado "Corredor del Henares". Fachada de la Antigua Universidad de Alcalá de Henares.

despatos hidrolizados en medio ácido liberan álcalis y calcio que, a su vez, resultan sulfatados ("costras negras").

- * Contenido original de la piedra en sales solubles. Las canteras de Almorquí (Alicante) con las que se restauró el Colegio de San Ildefonso, en Alcalá de Henares, por ejemplo, se ubican en terrenos miocenos suprayacentes a los materiales triásicos que albergan los yacimientos salinos de Cabezón de la Sal, por consiguiente, no debe sorprender su contenido salino. Asimismo, muchas canteras de arcilla, de la cuenca del Tajo, en la provincia de Madrid, explotan capas suprayacentes al nivel en el que se ubican los yacimientos de tenardita (también explotados) con los consiguientes contenidos en sulfatos sódicos y magnésicos en los materiales cerámicos. Posteriormente estos sulfatos pasan a la piedra del edificio.
- * Los materiales utilizados en anteriores restauraciones, especialmente el cemento Portland, son asimismo portadores de un cierto contenido en sales solubles. Tratamientos poco considerados también pueden aportar estos compuestos (limpiezas ácidas o alcalinas, detergentes iónicos, ciertos consolidantes e hidrofugantes, pigmentantes, etc.).
- * El agua que asciende por capilaridad desde el suelo puede arrastrar sales

solubles procedentes de abonos, ácidos húmicos, salmueras antihielo, tratamientos contra plagas, excrementos y orina, etc.

Cualquiera que sea el origen, las sales solubles, disueltas en la humedad que se aloja en el sistema poroso de la piedra, cristalizan al evaporarse el agua. Esta evaporación suele producirse desde la superficie de la piedra hacia el interior. Cuando se produce en la superficie da lugar a la formación de eflorescencias y/o costras o pátinas según la naturaleza de las sales. Cuando la superficie se seca y el fenómeno progresa hacia el interior, debido a una mayor velocidad de difusión del vapor de agua frente a la velocidad de ascenso capilar de la solución dentro de la roca, se forman las llamadas subeflorescencias o criptoefflorescencias y/o costras endurecidas.

Las criptoefflorescencias de aquellas sales susceptibles de varios estados de hidratación con cambios fuertes de volumen son especialmente peligrosas, puesto que, cuando la humedad nuevamente se incrementa, el crecimiento de volumen ejerce una fuerte presión sobre las paredes de los capilares, provocando la relajación por rotura. Este proceso reiterativo lleva finalmente a la arenización bajo una costra endurecida en superficie, que termina por desprenderse.

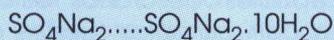
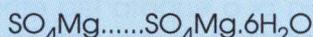
La formación de criptoefflorescencias



El asentamiento humano alrededor de las edificaciones de valor histórico puede dar lugar a lesiones en los materiales de los mismos. Convento de San Francisco en Quito (Ecuador).

cias es de esperar mayormente en aquellos muros más expuestos a la acción del viento, y donde en consecuencia la evaporación es mayor. Un mecanismo recientemente aducido para la formación de alveolos, tiene en cuenta la formación de sales. En los muros azotados por el viento, el frente de desecación se encuentra bajo la superficie. Las vías marcadas por una mayor porosidad y permeabilidad, por las que el agua progresa desde el interior, son preferentemente afectadas, terminando por producirse el deterioro del material en el encuentro de estas vías con la superficie de la roca, generándose el comienzo de un alvéolo. Una vez comenzado el deterioro, los remolinos del viento dentro de la oquedad aceleran el proceso.

Las sales más peligrosas son los sulfatos de sodio y magnesio, en sus diferentes estados de hidratación (cuadro 1).



Cuadro 1.

El yeso $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ suele formar costras endurecidas en la superficie de la piedra y admite varios estados de hidratación.

En el proceso de degradación por hidratación de sales solubles es crítico el tamaño de poro. Los poros muy anchos permiten las transformaciones sin que se produzcan tensiones, el menisco se retira hacia el interior, acompañando al frente de desecación, y las paredes del poro se tapizan con cristales. Son los poros más finos los más afectados, no permitiendo el crecimiento acomodado de los cristales, originándose así tensiones.

La tensión puede aparecer tanto en la hidratación de sales (por el aumento de volumen concomitante como en la deshidratación (ya que en un espacio cerrado,



Detalle del Convento de San Francisco en Quito (Ecuador), donde se observan lesiones y suciedad producidos por el incendio de hogueras.

el volumen de la sal deshidratada más el agua desprendida es superior al de la sal hidratada), pudiéndose producir la hidratación y deshidratación de algunas sales (por ejemplo, tenardita-mirabilita) varias veces en un mismo día, siempre en relación con la temperatura y la humedad relativa del ambiente.

La acción de los cloruros es predominante química y por ser higroscópicos son extraordinariamente móviles. El efecto suele ser la alveolización y arenización de la piedra.

Alteración química

Potencial iónico y solubilidad

Cuando se ioniza un mineral, el comportamiento de los distintos elementos frente al agua en la naturaleza, se encuentra directamente relacionado con su



El movimiento del terreno debido a los fuertes taludes, a los movimientos sísmicos provoca asiento diferencial de las edificaciones históricas. Restos arqueológicos Incas de Machu Picchu (Perú).

potencial iónico. Se define el potencial iónico como la relación entre la carga eléctrica de un ión y su radio.

Los iones con un potencial inferior a 3, una vez arrancados de las estructuras cristalinas, permanecen en solución. Se rodean de una o varias capas de moléculas de agua, gracias a la fuerte polaridad de esta última, y proporcionan iones solvataados migratorios, que forman sales muy solubles. Los más importantes son el Na^+ , Ca^{2+} , K^+ y Mg^{2+} .

Los iones con potencial entre 3 y 10, tienen una densidad de carga como para atraer a los grupos hidroxilos del agua, rechazando el hidrógeno restante. El resultado es la precipitación de hidróxidos insolubles.

El tercer grupo lo forman aquellos iones con potencial superior a 10. Se encuentran tan fuertemente cargados, que rechazan ambos hidrógenos de algunas de las moléculas de agua que les rodean, arrebatándoles el oxígeno y formando grupos aniónicos solubles.

Naturaleza de los materiales pétreos

Las rocas más utilizadas en las edificaciones monumentales son de tres tipos: rocas ígneas (en nuestro país rocas de la familia de los granitos), rocas carbonatadas y areniscas. Texturalmente, por lo general, estas últimas están formadas por un elemento clástico que puede ser predominantemente silíceo (cuarzo) hasta calcáreo (en las calizas y calcarenitas). El cemento más común es el carbonato cálcico (calcita), aunque pueden existir otros materiales (arcilla, sílice, óxido de hierro, etc.).

Alteración de rocas graníticas

Las rocas graníticas entran a formar parte de los elementos integrantes de muchas edificaciones. Se encuentran constituidas por tres tipos de minerales: cuarzo, feldespatos alcalinos, y un máfico que puede ser biotita y/o anfíbol. De entre estos minerales, el cuarzo es resistivo, es decir,



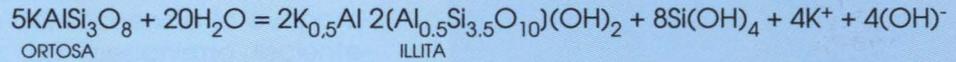
El turismo puede ser causa de degradación del patrimonio histórico artístico. La deforestación con fines turísticos, del parque arqueológico Maya del Tikal en Guatemala, es muy probablemente, la causa de su rápido deterioro debido a la radiación solar en combinación con la humedad del clima tropical.

hasta cierto punto, inalterable; los feldespatos se alteran a minerales arcillosos; y el máfico, finalmente, se transforma en clorita y óxidos de hierro.

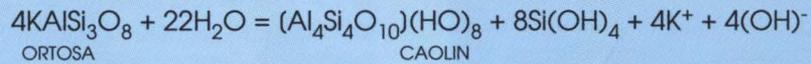
El tipo de transformaciones que sufren los feldespatos, los primeros minerales en descomponerse, depende de la naturaleza de estos y el clima. En nuestras latitudes, y en un ambiente natural, el feldespato se transforma en un mineral arcilloso micáceo según la *reacción 1* (Cuadro 2).

En esta reacción se lixivia el 80% del potasio y el 53% del silicio. Las plagioclasas se pueden alterar a montmorillonitas (arcillas con calcio y sodio) o bien utilizar el potasio en disolución para formar illita. Las biotitas y anfíboles, así como los minerales

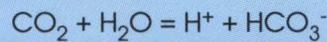
Reacción 1



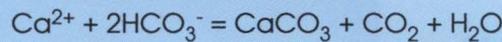
Reacción 2



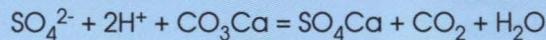
Reacción 3



Reacción 4



Reacción 5



Cuadro 2

opacos (óxidos y sulfuros) liberan finalmente óxido de hierro. Este óxido precipita casi inmediatamente en la vecindad del mineral, formando manchas de alteración, tan temidas en las rocas ornamentales, pero dando lugar otras veces a pátinas rosáceas u ocreas, que caracterizan y embellecen algunas piedras de construcción monumental.

En climas cálidos y húmedos, la descomposición del feldespato potásico puede dar lugar a la formación de caolín, en vez de illita, según se muestra en la reac-



A veces los mismos procesos de restauración pueden ser causa de degradación. La aplicación de resina epoxídica como sistema de protección y su posterior despolimerización debido a la radiación solar ultravioleta ha llevado a conferir un aspecto amarillento a las zonas intervenidas en esta barandilla de la Torre del "Campanille" de la Plaza de San Marcos (Venecia).

ción 2 (Cuadro 2), proceso en el cual se elimina el 66% de sílice y el 100% del potasio.

La diferente evolución de los feldespatos depende, en gran medida, del pH del medio. El pH está regulado en parte por el clima, pero también por otros factores como la naturaleza de la piedra, morteros y cementos, tratamientos y pátinas y, sobre todo, por la contaminación atmosférica. La solubilidad de los elementos que contienen los feldespatos, así como del hierro, depende de la acidez del medio. En medio ácido aumenta la solubilidad del Fe y Al y lo mismo ocurre en medio alcalino, mientras que en medio neutro son prácticamente insolubles. La sílice se disuelve mejor en medio alcalino.

Alteración de rocas carbonatadas

Tanto los distintos tipos de calizas y mármoles, como las calcarenitas y areniscas con cemento calcáreo, contienen carbonato de calcio en forma de calcita como principal componente. Frecuentemente, el carbonato de calcio se encuentra asociado al carbonato cálcico magnésico (dolomita).

Es interesante estudiar el sistema

$\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ que regula la disolución y precipitación de carbonato. Al respecto, la *reacción 3 (Cuadro 2)* sufre un desplazamiento hacia la derecha con el descenso de la temperatura y aumento de la presión.

La intervención del calcio lleva un equilibrio representado según la *reacción 4 (Cuadro 2)* que se desplaza hacia la izquierda por aumento de la presión de CO_2 en el agua y disminución de la temperatura.

También tiene gran importancia la acidez del agua. El ataque se produce según la *reacción 5 (Cuadro 2)*.

En conclusión, las aguas ácidas cargadas de CO_2 y frías, son las que con mayor facilidad efectuarán un ataque químico a las rocas compuestas de carbonatos. Estas condiciones se dan en un clima invernal, lluvioso, en zonas intensamente contaminadas.

Vibraciones

Existen vibraciones de origen natural, que pueden afectar a los edificios monumentales; fundamentalmente vibraciones sísmicas. Sin embargo, la actividad industrial y sobre todo el tráfico crean localmente una agresión adicional, que llega a constituir el factor predominante de riesgo para la piedra de algunos monumentos; un caso ampliamente conocido es el del Acueducto de Segovia en nuestro país. Aunque en principio, la energía de la vibración puede parecer insignificante para afectar la consistencia mecánica de la roca, su acción continuada, a lo largo del tiempo, así como la existencia de armónicos propios de los materiales o de las edificaciones, con frecuencias similares a las de las vibraciones agresivas, pueden dar lugar a peligrosos fenómenos de resonancia.

El efecto general es la apertura de grietas. Una vez abiertas, estas son vías de penetración de humedad al interior, con los consiguientes efectos químicos y mecánicos más arriba descritos. Un buen conocimiento de las propiedades elásticas de los

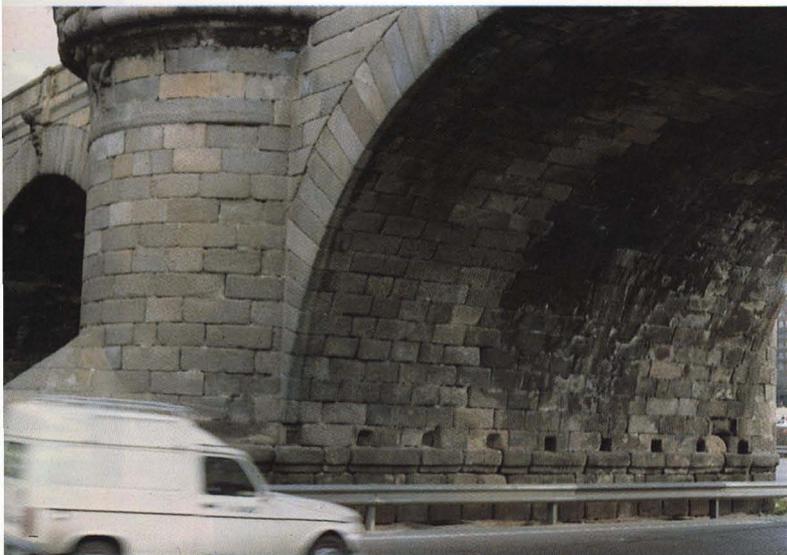
materiales y de la relación entre los mismos, ayuda a efectuar una correcta diagnosis y establecer un adecuado tratamiento.

Un principio general, a menudo olvidado, establece que las actuaciones de conservación, deben centrarse en primer lugar, en reducir en lo posible, la causa del deterioro. Solo, una vez agotadas las posibilidades en este terreno, se intervendrá sobre la edificación. El uso en restauración



A lo largo del tiempo el entorno urbanístico de los edificios históricos ha ido cambiando, lo que crea un desequilibrio entre los materiales que lo componen y el ambiente con el que se encuentra en fuerte desequilibrio.

de morteros "blandos", a base de cal o de cales hidráulicas, ayuda a desplazar las tensiones de fuera de la piedra. Argamasas a base de cemento de Portland, por su extrema rigidez, desplazan la tensión hacia la piedra, exponiendo a lesiones, justamente el material que se quiere conservar. Hemos podido observar, por ejemplo, una iglesia del periodo colombino (San Antonio de Ibarra, Ecuador) afectada por un importante sismo. La fachada original, en piedra andesítica con argamasa de cal, no



Los gases producidos por la combustión de los hidrocarburos de automoción forman parte de los agentes contaminantes que actúan sobre las rocas de construcción. Puente de Toledo sobre la M-30 (Madrid).

sufrió otro desperfecto que la apertura de grietas entre los sillares que permanecieron incólumes, mientras que la bóveda interior, restaurada con vigas de hormigón, colapsó totalmente produciendo varias víctimas entre las personas que se encontraban en el interior en el momento del terremoto.

Seguidamente se recomienda el sellado de las fisuras con resinas termoendurecibles o morteros de restauración, dependiendo de la luz de las mismas. Estos productos proporcionan competencia a las unidades pétreas e impiden la penetración del agua. Donde sea necesario se podrá recurrir a efectuar taladros e introducir varillas de aleación o acero inoxidable, embutidas en resina.

Otros factores de agresión al Patrimonio Monumental

Otro factor de agresión debido a la actividad humana es, por ejemplo, la explotación turística mal gestionada. En algunos monumentos, el excesivo número de visitantes, junto con una deficiente ventilación, puede llegar a condensar humedades en el interior del edificio. Esta humedad es absorbida por los muros, con el consiguiente daño para frescos interiores,

dando lugar, por otro lado, a una circulación del agua de la parte interna a la externa, que origina criptoflorencias. Algunas costumbres y tradiciones, junto, con un excesivo número de visitantes han llegado a producir, en algún caso, lesiones por abrasión en ciertas partes de las edificaciones.

Es conveniente resaltar también, que, en numerosas ocasiones, el abandono es uno de los más importantes factores de degradación. Si se deteriora una teja de una cubierta, la intervención es poco onerosa en un comienzo, pero transcurrido el tiempo las lesiones debidas a la penetración de agua por vías inadecuadas, suelen dar lugar a intervenciones posteriores mucho más costosas. En la ciudad de Cuzco (Perú), hemos podido observar un muro de construcción española. La parte inca del muro, es más ancha hacia la base, lo que produce una inclinación en el muro exterior del mismo. La piedra que lo compone no muestra señales de deterioro, salvo en su parte media, justamente donde impacta la escorrentía de la cubierta de teja de la edificación. Un simple canalón podría evitar ese daño al monumento cuya restauración en un futuro podría llegar a ser mucho más costosa y los daños irreversibles. Los programas de atención y mantenimiento, "la medicina preventiva", se hace imprescindible para abordar el problema con racionalidad.

Asimismo, el crecimiento económico desordenado puede dar lugar a movimientos especulativos con el valor del terreno de los que el Patrimonio Monumental puede llegar a ser una víctima. De todos son conocidos ejemplos en nuestras capitales.

Finalmente, hay que señalar, como causa de deterioro del Patrimonio, las mismas labores de restauración, cuando estas se realizan de forma poco respetuosa y por personas o entidades poco sensibilizadas, más bien expertas en tratamientos industriales de edificaciones, que en la atención y detalle que requieren los edificios de valor histórico-artístico. Antes de intervenir sobre el monumento, ya se ha expuesto la necesidad de un buen diagnóstico para actuar

ARTICULO



La acción del agua y la presencia de humedales genera, bajo determinadas condiciones geológicas y litológicas del sustrato, asentamientos diferenciales que ocasionan el desplazamiento de las estructuras de los edificios, tal y como se puede observar en la torre de esta iglesia veneciana.

sobre la causa, en la medida de lo posible. Las intervenciones sobre el monumento siempre entrañan un riesgo. Por muchos ensayos y estudios que se realicen, en orden a predecir como se va a comportar la edificación frente al tratamiento que se planea efectuar, el factor tiempo es incontrolable. No existe certeza de como va a reaccionar la edificación con el paso de los años. Además, un monumento es algo muy complejo e impredecible en la simplificación que significa la experimentación en laboratorio. No sólo se trata del comportamiento de los materiales, sino de cómo se

relacionan entre sí en el edificio, y como éste va a responder al entorno y la evolución futura del mismo. El problema se agrava cuando se diseña un proyecto de restauración sin efectuar los ensayos convenientes, no se efectúa un buen diagnóstico y no se tienen en cuenta los conocimientos actuales sobre el tema, basando la actuación, simplemente en las recomendaciones de los fabricantes de productos para la construcción, o en la técnica y experiencia de las empresas que acometen el proyecto, en el tratamiento de edificios sin valor monumental.

ESPECIALISTA EN TODO TIPO DE TRABAJOS DE EXCAVACION EN ROCA MEDIANTE EXPLOSIVOS

● **Ingeniería y asistencia técnica:**
Asesoramiento. Direcciones de obras.
Proyectos

● **Ejecución de obras:**

- Obras de exterior:
Cortas mineras, canales, canteras.
- Obras de interior:
Túneles, pozos, planos, galerías.
- Obras especiales:
Demoliciones, voladuras submarinas, control de vibraciones.



**HISPANO-SUECA
DE INGENIERIA S. A.**

López de Hoyos, 13 - 28006 MADRID
Teléfono 262 45 14