

El proceso de disgregación de los Monumentos y la restauración de la Portada de Ripoll

Por CARLOS CID PRIEGO

COMISARIO DE LA IV ZONA DEL SERVICIO DE DEFENSA
DEL PATRIMONIO ARTÍSTICO NACIONAL

N. de la R.: Publicamos la segunda parte de este documentado trabajo, que por su extensión terminará en el número siguiente.

II

CAUSAS DE LA TRANSFORMACION DE LAS PIEDRAS

No hace muchos años, el famoso principio «nada se gana, nada se pierde, todo se transforma» parecía ley inmutable del Universo. Hoy sabemos que no es así, que en la transformación siempre se pierde algo, una cantidad de materia, por infinitesimal que sea, que se convierte en energía radiante (calorífica, luminosa, eléctrica, etc.) y se difunde y anula en el espacio. Sin embargo, en el caso de las piedras, las rocas más exactamente, puede aceptarse el viejo aforismo, al menos en los hechos prácticos que afectan a la escultura y arquitectura. Salvo ese escape energético hacia la nada, el concepto de muerte no debe considerarse como desaparición, como destrucción absoluta; la muerte es sólo la disgregación de un estado para pasar a otro: un ser deja de ser lo que era para transformarse en otro u otros. Por eso no titulamos este capítulo «muerte» de las piedras, sino transformación de las mismas.

Para comprender lo que ocurre en ellas hay que partir de otra base esencial de la economía del Universo, que a veces suele olvidarse: todo vive, nada está muerto, aunque cada cosa viva a su manera, la que es propia de su esencia. Es falso creer que sólo viven plantas y animales, que el mundo mineral es inerte, muerto. Los elementos minerales son capaces de dilatación, contracción, magnetismo, cambios de estado físico, disolución cristalización, de reacciones a veces violentísimas y con enorme desprendimiento de energía, lo que prueba inequívocamente que tienen actividad, vida. El mismo átomo es un ser vivo, pletórico de veloces movimientos, rebosante de energía; es la base del resto de la materia, y, por lo tanto, el principio de todo lo que existe en el mundo de lo tangible y de la energía. Una montaña, un río o un mar, son también organismos dotados de una fisiología y anatomía muy particular, geológica, pero comparable en su grado a la de los demás seres.

Por su misma naturaleza dinámica, la vida es inestable, evolutiva, se detiene en cierto estado unas millonésimas de segundo o miles de millones de siglos; durante ellos será átomo de un elemento superpesado o de una nebulosa; pero llega un momento en que deja de serlo para seguir viviendo bajo otra forma; a ese tránsito le llamamos muer-

te en el mundo físico. Paradójicamente, la vida existe gracias a la muerte y viceversa. Un edificio o una escultura no podía ser una excepción, y como todo lo que nace, está sujeto sin apelación a la enfermedad y a la muerte. No es extraño que exista una medicina y una cirugía de edificios, que se hayan titulado así algunos libros, y que si se quiere aplicar el remedio adecuado (terapéutica) haya que empezar por averiguar las causas de la enfermedad (diagnóstico) y el desarrollo de ésta (patología).

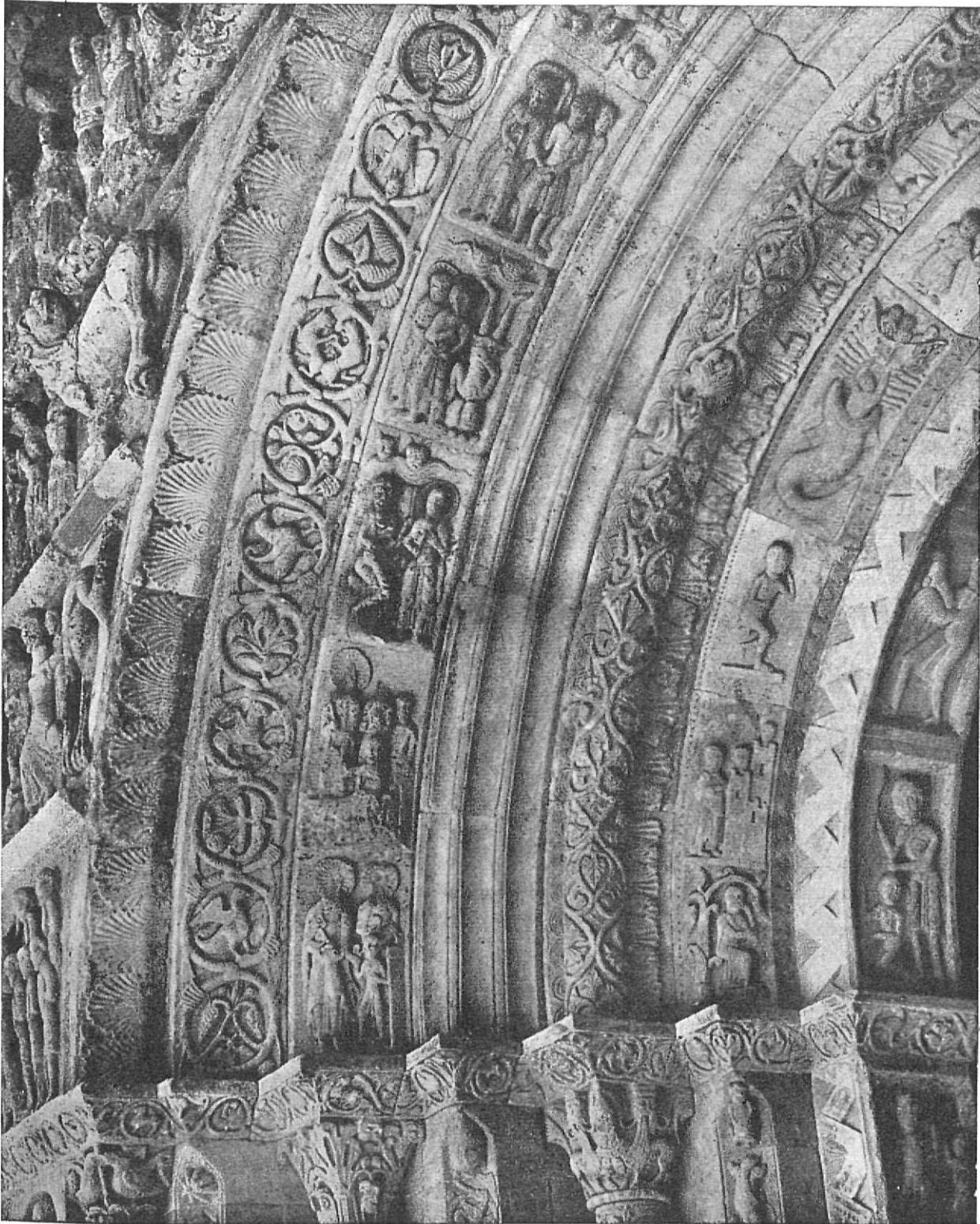
Todo esto tiene particular interés en el caso de Ripoll, que se presenta como uno de los más graves e incurables de que hay noticias. El monasterio tiene ocho siglos, y parece que este período de tiempo es el de vejez de muchos edificios románicos. Resulta curioso catalogar sin salir de España, la abundancia de construcciones románicas y de ciertos períodos del gótico que amenazan desmoronarse en pocos años, todos a la vez, con prisas, y que esto suceda repentinamente sin que durante siglos manifestaran signos de decadencia. Parece el síntoma de haber llegado a una edad crítica, común al menos para una gran parte de monumentos construidos con cierta clase de piedra. En todos ellos aparece la enfermedad; los materiales se reblandecen, se agrietan, cambian de color, se desprenden en fragmentos y se pulverizan. Es un verdadero cáncer, que de no remediarse acaba convirtiendo el monumento en un informe montón de ruinas, en un auténtico cadáver en descomposición.

Las causas son mucho más complicadas y numerosas de lo que pueda creerse y, en el fondo, las mismas que en Geología se conocen por fenómenos de erosión. Las piedras de los monumentos son en realidad rocas, y ya sabemos que éstas son lentamente alteradas y disgregadas. Para la actividad destructora y ciega de la Naturaleza, opuesta a la materna y amable que también posee, un monumento no es otra cosa que un pequeño saliente rocoso, al que ataca con la misma impasibilidad que a una montaña; y si ésta acaba por destruirse, puede suponerse el fin de la minúscula obra de los hombres. La erosión rebaja los salientes, rellena los huecos, su fin teórico sería convertir el planeta en un esferoide de revolución absolutamente liso, donde todos los materiales estarían dispuestos en capas concéntricas en orden relativo de densidades, tanto más abajo cuanto más densos.

Los agentes destructores, o transformadores, que vamos a analizar, pueden clasificarse por su naturaleza y origen en físicos, químicos y orgánicos, aunque en la práctica muchos tienen acción doble o triple. se complementan y trabajan a la vez.

Agentes físicos. — Sus acciones son preferentemente mecánicas, térmicas y eléctricas. Una de ellas es el calor solar que eleva la temperatura de los muros. La temperatura alta dilata las piedras y como es mucho más intensa en la parte expuesta al sol que en la interna del edificio, la dilatación no es igual en toda la masa, sino mayor en la exterior porque las rocas conducen muy mal el calor. Como poseen un índice de elasticidad muy reducido, se van produciendo fisuras microscópicas que con el tiempo se convierten en grietas. Es lo mismo que ocurre si calentamos una botella o un trozo de vidrio no refractario: salta en pedazos. Refuerzan estos efectos las vetas de los sillares, y también el uso en una misma obra de piedras de clase diferente, lo que supone diversos índices de dilatación, uno para cada material. En las de estructura microcristalina se producen diariamente millones de roturas internas, y a la larga se disgregan. Si las rocas son compuestas (formadas por varios minerales agregados o mezclados, no combinados), los efectos se refuerzan, salvo en las de estructura arenosa comprimida, como el granito, pero éstas son más fácilmente atables por el agua, como se observa en los pavimentos de adoquines después de lluvias intensas.

La acción de las diferencias de temperatura de una a otra parte del edificio se aprecia mucho mejor en los de ladrillo, y explica la inclinación de muchas torres mudéjares



Detalle de la Portada.

(frecuente en las aragonesas) y en chimeneas modernas de fábricas: la parte expuesta al Mediodía recibe más insolación y el mortero se seca y contrae antes, mientras que en la orientada al Norte ocurre lo contrario, por lo que la inclinación se produce siempre hacia el Sur. Hay que añadir a los efectos solares los de excesiva desecación y calcinación, importantes en los países meridionales.



Portada. Representaciones de la vida de San Pedro y San Pablo.

Los cambios rápidos de temperatura entre extremos muy acusados son también fatales: la piedra dilatada por el calor intenso no puede seguir en su contracción al veloz cambio térmico, porque su capacidad calorífica es muy grande (retiene mucho tiempo el calor), y se agrieta. El efecto es espectacular en las rocas del desierto, donde los cortos crepúsculos imponen cambios térmicos de 30 y más grados en pocos minutos, provocando auténticas y ruidosas explosiones en que la roca salta como metralla. Así se han deteriorado muchos monumentos egipcios. Algo parecido sucede en los países de clima continental riguroso. En Egipto la dilatación del aire al amanecer es tan rápida, que al pasar por las rendijas de los Colosos de Memnón, convertidas en auténticos tubos de órgano, producían todas las mañanas silbidos que la imaginación suponía lamentos de Eos (diosa griega de la aurora) llorando la muerte de su hijo Memnón, caído en la guerra de Troya, lo que explica el nombre actual de este par de enormes esculturas.

La acción del frío intenso es también perjudicial. Aunque no lo parezca, muchas rocas se hielan como se congela el agua, aunque no cambie su aspecto aparente. Es típico el sílex, material predilecto de la humanidad prehistórica para tallar sus instrumentos. Y ya sabemos que el sílex helado sólo se talla en lascas (culturas del Norte de Europa), mientras que en estado normal permite la fina talla bifacial (industrias del Sur de Europa). El sílex no fue siempre un material para instrumentos prehistóricos, también se empleó en la construcción; por ejemplo, la catedral y gran parte de los edificios de Asís, de Arezzo y otras ciudades de una extensa región de Italia, son de este material.

El frío ejerce su acción más perniciosa con ayuda del agua convertida en hielo. El agua no es relativamente muy peligrosa en las grandes grietas, pero sí en las pequeñas y en el interior de los poros a donde llega por capilaridad. El agua líquida ocupa menos espacio que el hielo, es decir, se dilata al helarse, y ese aumento de volumen actúa como cuña en las grietas y como verdadero explosivo microscópico dentro de los poros. Quizás parezca exagerado que estas pequeñas causas puedan destruir un monumento. Pero multiplíquense por millones de gotitas, y éstas por siglos, y lo que admirará es que no se arruinen antes. El poder de la dilatación calorífica, o de la contracción, es increíble, nada puede detenerlo. Con unas simples barras de hierro candentes y después enfriadas con agua, el arquitecto barcelonés señor Florensa ha movido y puesto a plomada, sin desmontar el edificio, facha-

das y pórticos de muchos cientos de toneladas. Y al fin y al cabo la explosión de una bomba no es más que un efecto de dilatación de los gases encerrados en un recipiente pequeño y fuerte.

Todos los especialistas están de acuerdo en que la lenta acción de la humedad es la peor enemiga. Las fachadas que reciben directamente la acción de la lluvia y que se secan en pocas horas están mejor protegidas que aquellas en que el agua se infiltra poco a poco y donde actúa por capilaridad en todo el espesor de la piedra, activando la potencia de las materias disueltas.

Según Schaffer hay grandes variaciones de resistencia a la humedad dependientes de la clase de piedra. Algunas están predispuestas por naturaleza y admiten hasta el 80 % de absorción, mientras que algunas no la toleran. Desgraciadamente, la mayoría de las piedras de los monumentos, sobre todo las que contienen relieves, son de calidades muy débiles. Los instrumentos usados para labrar estas piedras de talla han causado, a veces, desintegraciones rápidas, que explican el mal estado de algunos edificios del siglo XIX. Cierta martillo con cabeza en forma de punta de diamante, y otras herramientas de percusión, no cortan la estructura de la piedra, sino que la rompen. A simple vista el resultado parece exactamente el mismo, pero observada al microscopio, se aprecian innumerables grietas, fisuras y otras roturas de anchura capilar, que favorecen la penetración del agua en el interior de sillares relativamente resistentes si se hubieran cortado por otro procedimiento.

La mayoría de los edificios están contruidos con piedras aptas para la talla. Las principales son las calizas y las areniscas. La caliza es esencialmente un conglomerado a enorme presión de millones de envoltentes calcáreas de animales que vivieron en las aguas en edades remotas de la tierra, sobre todo moluscos y foraminíferos. En la caliza ordinaria no existe cristalización (yesos no cristalinos, como el de la tiza; el yeso es sulfato cálcico hidratado: $S O_4 Ca + H_2 O$), o sólo es parcial el volumen que ha llegado al estado de calcita o espato calizo. En cambio, el mármol es una roca metamórfica, la caliza vulgar, que sometida a condiciones favorables de calor o de presión se convirtió de carbonato cálcico común ($CO_2 Ca$), que forma la roca llamada calcicita, tan usada en construcción y escultura, y finalmente en carbonato totalmente cristalino (mármol).



Portada. Representaciones de la vida de San Pedro y San Pablo.

Las areniscas, formadas por materiales depositados en el fondo de antiguos lagos y mares, tienen composiciones muy diversas, generalmente a base de granos de cuarzo (el cuarzo es anhídrico silícico, Si O_2 , que aparece en forma de arena, opal, mica, pedernal, jaspe, sílex, etc.) soldados por un cemento calizo y cantidades variables de arcillas y otros materiales. La alteración del cemento calizo produce la disgregación, porque los otros elementos carecen de la suficiente cohesión.

La nieve es menos peligrosa, salvo que produzca humedad prolongada o que su peso sea excesivo. En cambio, el agua líquida es un elemento destructor de primer orden. Sus efectos erosivos pueden apreciarse en puentes, paredes y esculturas; además de esta labor de arrastre, semejante al trabajo de los ríos, es particularmente apreciable en ciertas clases de roca, como la piedra blanca de Cabezón con la que se construyeron numerosos monumentos de Valladolid. No se olvide que el agua es disolvente muy importante, que posibilita y activa, al mismo tiempo, las reacciones químicas. En forma de granizo resultaría peligrosa de ser frecuente, ya que los granos tienen gran impulso y en raras ocasiones alcanzan enormes dimensiones, de uno a dos kilogramos. Recientemente, una granizada gruesa e intensa destrozó materialmente techumbres, cubiertas y otras partes de numerosos edificios de Vich.

Otro agente poderoso es el viento, que además de la acción química del oxígeno y otros gases, desgasta las rocas de textura arenosa (asperones) o caliza, hasta el punto de haber modelado extensas zonas del paisaje terrestre. Su acción acaba imprimiéndose en muchos edificios; un caso claro es el de la iglesia de Covet (Lérida). Los vientos huracanados son casi irresistibles, y su potencia colosal puede producir la ruina total o parcial de un monumento. Si arrastra polvo o arena, intensifica tanto su acción erosiva que equivale a una verdadera lima. Quien conozca el viento del desierto o el de las dunas, sabrá que es imposible soportar en la piel el choque violento, agudo como alfilerazos, de millares de granos de arena. Los monumentos egipcios han sufrido mucho por este motivo; típica es la figura desgastadísima de la Gran Esfinge de Gizeh.

La electricidad atmosférica puede ser también un elemento destructor: grietas enormes causadas por la caída de rayos, consecuencias secundarias de los mismos, como el incendio, la electrización estática que favorece la condensación de humedad en determinados puntos. Un efecto lento, pero seguro e intenso se debe al establecimiento natural de pares eléctricos. El par eléctrico es una minúscula pila que se forma cuando entran en íntimo contacto ciertos pares de cuerpos químicos, entre los que se establece una débil corriente valuable en microvoltios. Esa es la causa de la oxidación del hierro: el hierro metálico expuesto a la intemperie se oxida superficialmente (óxido férrico o sesquióxido de hierro, $\text{Fe}_2 \text{O}_3$, hidróxido ferroso $(\text{OH})_2 \text{Fe}$, y con más frecuencia el hidrato férrico, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ o herrumbre), el óxido de hierro y el hierro metálico forman par eléctrico, y en toda pila, además de la acción física de la corriente se produce una reacción química que altera sus elementos. Así se va transformando toda la masa en óxido hasta llegar a lo más profundo. Por esta razón se pintan los hierros con minio o bióxido de plomo rojo ($\text{Pb}_3 \text{O}_4$), porque éste no forma par eléctrico con el hierro. El óxido e hidróxido de cobre (óxido cuproso, $\text{Cu}_2 \text{O}$, óxido cúprico $\text{Cu}(\text{OH})_2$) no establecen par eléctrico con el cobre o el bronce (aleación de cobre y estaño), lo que explica la buena conservación de los objetos arqueológicos de este metal. En algunas rocas se aprecian también fenómenos eléctricos semejantes.

Entre los agentes mecánicos hay que recordar las catástrofes geológicas, como los terremotos que tanto perjudicaron a los monumentos de las islas del Mediterráneo central y



Capitel Claustro.

oriental (Creta, Malta, Sur de Italia), las inundaciones (desbordamientos, maremotos, el volcán de agua que acabó con La Antigua de Guatemala), y las erupciones (Pompeya, Herculano, Stabia).

Los demás efectos mecánicos que actúan sobre un edificio, como su propio peso, las cargas mal repartidas, las fallas del terreno, no son importantes para las enfermedades de las piedras, aunque sí para la subsistencia del conjunto; pero entran más en la cirugía que en la medicina arquitectónica.

Agentes químicos. — Las lentas reacciones internas, la posible radiactividad, etc., tienen poca importancia. El ataque parte casi siempre de afuera, sus agentes se encuentran en la tierra, en el agua y en el aire. Terrestres son las sales alcalinas o ácidas (las más peligrosas), los compuestos procedentes de la descomposición de los cadáveres de animales, excrementos, orines, restos de comida, putrefacción de plantas y mil materias más que contiene el suelo o que llegan a él arrastradas por el agua, como el cloruro de sodio (Cl Na), el de potasio (Cl K), los sulfatos que antes han pasado por vetas minerales, o que proceden de aguas residuales de industrias. Son peligrosos el amoníaco (NH_3) y las sales amoniacaes y los ácidos sulfurosos (S H) y sulfídrico (SH_2), que se producen en la descomposición orgánica. Tampoco debe olvidarse la proximidad de los abonos.

Hasta su contacto con el suelo, el agua de lluvia está destilada, es químicamente casi pura y neutra. Pero es también un magnífico vehículo para el arrastre o la disolución de materias extrañas, vegetales, animales o minerales, intensifica la actividad química y su profunda penetración la introduce en todas partes.

En el aire se encuentran gases activos de la descomposición de toda clase de mate-

rias orgánicas, sobre todo azufre, que al oxidarse forma el ácido sulfuroso (SH) de olor a huevos podridos, y el sulfídrico (SH₂). El anhídrico carbónico (CO₂), muy abundante como producto de las combustiones y de la respiración, se convierte con el agua (H₂ O) en ácido carbónico (CO₃ H₂), que ataca a otros cuerpos para formar sus sales propias (carbonatos). El oxígeno atmosférico actúa en forma de combustión lenta, fría y sin desprendimiento de luz ni de calor, acción que conocemos por oxidación; con el hidrógeno del agua forma el radical OH, por lo que algunos óxidos pasan a hidróxidos y, a veces, con el carbono (C) a carbonatos.

El agua procedente del suelo, con sales y gases peligrosos en disolución, penetra por los finos poros de la piedra hasta alturas que no tienen prácticamente límite (fenómeno de capilaridad), y envenenan toda la masa pétreo con materias nocivas. Al evaporarse en la superficie de los sillares, todos estos productos se precipitan en la superficie, aumentan así su concentración y multiplican su actividad. El resultado es un ataque general en toda la masa y otro muy intenso en la superficie.

Todas estas acciones químicas significan que se producen nuevos compuestos mucho más blandos que la roca originaria, aumentos de volumen y sus catastróficos efectos mecánicos, costras, pulverización, transformación de una roca insoluble en otra soluble que diluye el agua como si fuera un terrón de azúcar. Buen ejemplo es la metamorfosis de las rocas calizas insolubles (calizas vulgares, calizas cristalinas sacaroideas o mármoles estatuarios, diversas clases de calizas concrecionadas, etc.), que por la acción del aire y del agua que contienen hidrógeno sulfurado (SH) se convierte en sulfato cálcico no cristalino, de mayor volumen que el carbonato cálcico y soluble (aunque no tanto como los nitratos o los cloruros) y fácilmente disgregable y arrastrable. La reacción típica de las calizas (CO₃ H₂) con el ácido sulfúrico (SO₄ H₂) es la siguiente: $CO_3 H_2 + SO_4 H_2 = SO_4 Ca + CO_3 H_2$, o sea que se produce sulfato cálcico y ácido carbónico, pero éste se disocia inmediatamente en agua y anhídrico carbónico: $CO_3 H_2 = H_2 O + CO_2$, que favorece la humedad interna.

Los compuestos gaseosos carbónicos y clorosos o clohídricos son extraordinariamente perjudiciales para las piedras, y, por desgracia abundan en el suelo y en el aire no sólo como productos de la química inorgánica de la Naturaleza, sino también de la orgánica. El gas carbónico, producido por todas las combustiones, desde los hogares con desprendimiento de llamas hasta la combustión lenta de los organismos, que llamamos respiración, y también por ciertas descomposiciones y reacciones varias (la fabricación del vino), altera el carbonato insoluble de las calizas en bicarbonato cálcico soluble.

Las sales, en general, son temibles, empezando por la común de cocina o cloruro de sodio (Cl Na). El profano se preguntará qué importancia puede tener la vulgar sal de cocina para la destrucción de los edificios, porque lógicamente su supone que se espolvoreen con ella. Sin embargo, es un factor importantísimo que llega a las paredes por los caminos más curiosos. Su estudio se debe al investigador inglés Sydney G. Payne, que observó extrañado que en los edificios antiguos la parte más perjudicada era la chimenea. El fuego, el hollín y el humo no dieron explicación satisfactoria; un día advertí que las chimeneas atacadas coincidían con la distribución geográfica de la cría del cerdo. Así descubrió la clave del misterio en la costumbre de colgar en ellas jamones para ahumar, que previamente se habían salado.

En otra ocasión llevaron al mismo Payne fragmentos corroidos de las paredes de Westminster Hall, y cual no sería su sorpresa al analizarlos y encontrar de nuevo la famosa

sal de cocina como agente destructor. Fue preciso una minuciosa investigación histórica para averiguar que hubo un tiempo en que Westminster Hall había existido nada menos que un mercado de carnes saladas. En este caso bastó reconstruir los cimientos y colocarlos sobre un lecho de betún que los aisló de la salobridad del suelo. Pero cuando la sal penetra intensamente no existe remedio.

La sal, que casi ningún profano recuerda como elemento destructor, actúa donde menos se piensa: en terrenos bajos de filtraciones marinas, sobre yacimientos minerales de potasa, en los lugares a donde la lleva en disolución ríos salados que han atravesado zonas salitrosas. Es factor importante en las proximidades del Mar Muerto; en Palmira causó estragos; Venecia, ciudad absolutamente monumental está edificada en húmedas rocas que surgen de lagunas directamente comunicadas con el salobre mar Adriático, y los daños que allí han causado son incalculables (en el palacio de los Dogos, en el Fondaco del Tedeschi, etc).

La importancia y frecuencia de la sal es tan grande que en Inglaterra e Italia existen servicios especiales para combatirla, paralelos a los que luchan contra la humedad, y que vigilan los establecimientos de salazón de pescados y carnes, fábricas de conservas en general, charcuterías, tenerías, fábricas de productos químicos, y lugares de almacenaje de todas estas materias.

Debe advertirse con urgencia que se prescinda radicalmente del empleo de la sal para destruir la vegetación que invade las ruinas antiguas, empleada con tanta frecuencia por directores de excavaciones arqueológicas. La sal perjudica, de momento, a la vegetación, pero al cabo de poco tiempo es ineficaz o surgen nuevas especies resistentes en lugar de las desaparecidas; en cambio, la saturación salina del terreno acabará con las piedras de los monumentos. Por economía suele emplearse el barro del fondo de las salinas, mucho más barato, pero también más perjudicial, porque además del cloruro de sodio contiene otras sales destructoras. Lo mismo debe advertirse respecto a sulfatos, a las sales nítricas y nitrosas y otras que se usan, a veces, con el mismo objeto.

La enfermedad que suele llamarse «lepra de las piedras» o «cáncer de las piedras», se debe a la sustitución de moléculas de carbono por otras de azufre en los compuestos del primero, y, por lo tanto, a la formación del ácido sulfúrico, terriblemente corrosivo (vitriolo) y sus sales derivadas. A los pocos años de construido un muro, aparece una capa o pátina de color diferente, negra en el centro y Norte de Europa (que los franceses llaman *calcín*) y rojiza o amarillenta en regiones meridionales. Alcanza de 3 a 6 mm. de espesor y jamás debería quitarse, como se hace en el Norte, primero porque los raspadores o los chorros de arena a presión producen graves erosiones, y segundo porque la pátina es una protección



Capitel del Claustro.

natural inapreciable. Es preferible ver los monumentos del Norte con un feo tono ahumado que permitir que se conviertan rápidamente en polvo.

Cuando menos se espera, la pátina se abulta, estalla una ampolla, aparecen llagas que emiten ramificaciones que se unen a otras, y la superficie ofrece un sorprendente parecido con las lesiones orgánicas de ciertas terribles enfermedades. Examinada al microscopio, la piedra pulverizada está constituida por diminutos cristales brillantes y angulosos que dan la impresión de azúcar; se trata de yeso sacarinoso, que al aumentar de volumen presiona a la pátina y la hace saltar en escamas. Este yeso es sulfato de calcio cristalizado, producido por una reacción química que reemplaza las moléculas de carbono por las de azufre: el carbonato de calcio ($\text{CO}_3 \text{Ca}_2$), al ser atacado por el ácido sulfúrico se convierte en sulfato de calcio ($\text{SO}_4 \text{Ca}$), anhídrico carbónico (CO_2) y agua ($\text{H}_2 \text{O}$).

La procedencia del ácido sulfídrico (SH_2), explica en gran parte por la existencia en la atmósfera del radical de óxido de zufre (SO_2) o de ácido sulfúrico propiamente dicho ($\text{SO}_4 \text{H}_2$). Procede del carbón y de los humos domésticos e industriales; esa espantosa niebla de humos y gases que en Londres y otras ciudades nubla el sol en pleno día y obliga a encender las luces y hasta a parar la circulación —el tristemente célebre *mazout*— lo contiene en tales cantidades que los técnicos de la *Research Station* calcularon que en 1953 las chimeneas descargaron en la atmósfera inglesa más de cinco millones de toneladas de ácido sulfúrico; un aumento considerable de este ácido fue observado también, en 1959, por los Laboratorios Municipales de París.

Agentes orgánicos. — Son la mayoría de los seres vivos y muy pocos pueden despreciarse: microorganismos, plantas, animales y el propio hombre, aunque éste, por su carácter e importancia merezca capítulo aparte. Su actividad es consecuencia de su propia vida, y se traduce siempre en ataques físicos y químicos que provocan o favorecen de manera directa o indirecta.

Los microorganismos, seres microscópicos de naturaleza animal o vegetal, tienen importancia capital. Los más activos son los vegetales inferiores conocidos por bacterias o esquizomicetos del suelo, difundidos por toda la tierra firme, que penetran por los más finos poros de las rocas, las atacan químicamente y las reducen a polvo. Son peligrosísimas las llamadas bacterias autótrofas, que pueden sintetizar su alimento, su materia orgánica, directamente de los minerales. Los más notables son las bacterias nitrificantes, descubiertas por el investigador Winogradsky, en 1889. Desde hacía mucho tiempo se sabía que las sales nitrificantes del suelo se convertían poco a poco, por oxidación, en nitratos. Winogradsky demostró que esta nitrificación era obra de unas bacterias que impregnan la superficie del suelo hasta cierta profundidad. Unas, las bacterias nitrosas (que sintetizan el óxido nitroso, $\text{N}_2 \text{O}$), oxidan el amoníaco (NH_3) convirtiéndolo en nitritos; otras, las bacterias nítricas, oxidan estas sales transformándolas en nitratos (sales del ácido nítrico, $\text{N O}_3 \text{H}$). La energía que se libera en las reacciones oxidantes de la nitrificación sirven a estas curiosas bacterias para sintetizar, incluso en la oscuridad, el alimento orgánico a expensas del anhídrico carbónico del aire (CO_2). Téngase en cuenta que este desprendimiento de energía es enorme: la oxidación de NH_3 para pasar a $\text{NO}_2 \text{H}$ proporciona 90.600 calorías por gramo; la de $\text{NO}_2 \text{H}$ en $\text{NO}_3 \text{H}$ suministra 18.000. El tamaño y forma de estas bacterias varía; según las observaciones de Fischer, ampliadas unas 1.000 veces, las nitrosas de Zurich aparecen de 3 milímetros; las de Java, algo más de un centímetro; las nítricas de Quito apenas se ven como un punto en el cristal de la preparación microscópica.

La actividad de las bacterias del suelo explica un importante aspecto de la formación de la tierra vegetal de cultivo, que sin ellas no existiría.

El extraordinario parecido de la descomposición de la piedra con ciertas lesiones orgánicas, sobre todo en el campo, hizo sospechar al Dr. Pochon, jefe de los servicios del *Institut Pasteur*, de París, que pudieran ser producidas por microorganismo, por microbios capaces de integrar el azufre en su metabolismo. Existen realmente bacterias «sulfurosas», que utilizan azufre reducido para asimilar el anhídrico carbónico de la atmósfera, y producen de paso ácido sulfúrico. El Dr. Pochón hizo el experimento ecológico, que emplea



Capitel del Claustro.

en biología y que consiste en preparar una serie de medios nutritivos diferentes, en este caso recipientes en donde los ambientes alimenticios contenían compuestos reducidos de azufre, como azufre mineral (S), hidrógeno sulfurado ($H_2 S$), sales sulfurosas, como el sulfuro de sodio ($Na_2 S$) o el sulfuro de potasio ($K_2 S$), etc. En cada recipiente introdujo fragmentos de piedra enferma y al cabo de quince o veinte días comprobó la existencia de una colonia microbiana bien desarrollada en los tubos de ensayo que contenían hidrógeno sulfurado. Se trataba del *Thiobacillus S. P.*, pequeños bacilos muy cortos que para alimentarse transforman el hidrógeno sulfurado en ácido sulfúrico.

Quedaba la dificultad de explicar la presencia del hidrógeno sulfurado, que no se encuentra ni en la atmósfera ni en la piedra. Resultó fabricado junto a la propia piedra por unos vecinos de los *Thiobacillus*, unas bacterias aneróbidas que convierten los sulfatos del suelo y del humus en hidrógeno sulfurado, y que se conocen por *Spirovibrio de sulfuri-*

cans. El mecanismo completo es el siguiente: en el suelo, junto a los cimientos, viven los *Spirovibrios*, que con ayuda de la humedad transforman los sulfatos en hidrógeno sulfurado; éste asciende disuelto en el agua y por capilaridad hacia el interior de los muros y llega a los *Thiobacillus*, que lo necesitan para vivir, y que al utilizarlo producen ácido sulfúrico que convierte en sulfatos los carbonatos de la roca; los sulfatos aumentan de volumen, disocian la piedra mecánicamente y como además son solubles, el agua de la lluvia los disuelve y arrastra hasta el suelo, donde serán nuevamente aprovechados por los *Spirovibrios*. Se establece así un ciclo continuo de miríadas de microorganismos capaces de acabar con una catedral, que producen enfermedades de cierto modo semejantes a las nuestras, por ejemplo, el *Thiobacillus* pertenece al mismo tipo que el *Bacilo de Koch*, protagonista de la tuberculosis, del *Bacilo de Eberth* o de la fiebre tifoidea, del *Bacillus tetani* o del tétanos; en cuanto a los tipos de los *Vibrios* y *Spirilos*, emparentados con los *Spirovibrios*, cuentan entre sus individuos al *Vibrio comma* del cólera, la *Spiroqueta pallida* de la sífilis, el productor de la enfermedad del sueño, etc., todos terribles. Es un plan sorprendente, sapientísimo y perfectamente organizado, una de las infinitas maravillas de la Naturaleza,

en este caso una admirable muestra de sus actividades destructoras de seres humanos, de monumentos y montañas, tan grande como las generadoras, ambas complementarias y parte de un plan misterioso cuyo fin desconocemos.

El remedio consiste en destruir la relación entre ambos grupos de microbios interrumpiendo la capilaridad; los *Thiobacillus*, privados del hidrógeno sulfurado deberían morir. Pero contra todo ataque hay una defensa, y ellos saben proporcionarse la preciosa materia de otras procedencias, por ejemplo, las deyecciones de los pájaros.

Las aves, sobre todo las palomas, gorriones, grullas, vencejos y golondrinas, además de la fauna nocturna, como búhos, lechuzas y murciélagos (mamífero alado), tienen la encantadora y nefasta costumbre de habitar y anidar entre las piedras antiguas. De la manera más inocente causa grandes destrucciones, porque dejan en ellas espesas capas de excrementos que contienen azufre en forma de ácidos amínicos sulfurados, espléndida fuente de hidrógeno sulfurado. Su actividad ha sido estudiada recientemente con gran brillantez por un joven investigador francés, Jacques Delvert. El colosal templo de Angkor-Vat, una de las maravillas del arte khmer, se desmorona rápidamente y sus centenares de esculturas se van borrando con rapidez alarmante. Delvert se trasladó a Cambodgia y lo estudio a fondo durante un año. Está construido con areniscas tan sensibles a los ácidos como las calizas europeas debido a su cemento calcáreo, que atacan los *Thiobacillus* con los medios sulfurados que les proporcionan los millares de pájaros que habitan en el templo; la intensa humedad y el calor abrumador del clima tropical favorecen y activan en grado sumo la reacción químicobiológica. El único remedio que acaba con las aves, pero ¿cómo lograrlo en el colosal Angkor-Vat? No es posible protegerlo con una envoltura de tela metálica, como parcialmente algunos edificios italianos, ni en aquellas inmensidades serían eficaces los discos que difunden por amplificadores gritos desgarradores de aves heridas de la misma especie, como se hace en Túnez para alejar a los pájaros de los campos cultivados.

El dilema es muy triste. Para cualquier persona civilizada resulta doloroso el exterminio sistemático de inocentes y amables animales; sentimental y estéticamente parece atroz despoblar de palomas la plaza de San Marcos de Venecia, acabar con las de Barcelona, suprimir las golondrinas de las iglesias rurales y matar a las cigüeñas que con sus crías que anidan en las torres de los templos de Castilla, Navarra y Aragón. Estas aves dan carácter a los monumentos y son innegables elemento poético. Pero dejarlas es aceptar la destrucción de los edificios y las esculturas, y hay que decidir la trágica elección entre ellas o las obras de Arte.

La fauna marina tampoco es ajena a los ataques. Los moluscos del litoral necesitan preservarse del oleaje, y algunos de apariencia más o menos parecida a un mejillón excavan galerías en las más duras rocas, caso del *Pholax*; se les llama *litófagos* (devoradores de piedras) aunque en realidad no se alimentan de las rocas. Su acción es escasa sobre los monumentos, pero, a veces, los perjudican, caso del templo romano de Serapis, cerca de Nápoles, que presenta numerosas fialerías de litófagos por haber estado algún tiempo sumergido a



Capitel del Claustro.

causa de los cambios de nivel de la costa o del agua del mar (transgresión marina). Acción litófaga producen también algunos gusanos y erizos de mar.

En la tierra, los animales excavadores afofan el terreno y facilitan de este modo la acción de otros agentes geológicos. Los más activos son los ratones, conejos, topos, castores, y lombrices de tierra. El trabajo de los insectos, sobre todo de las hormigas blancas o termitas, insecto fuerte del orden de los arquípteros, que vive en voraces y colosales sociedades. El más corriente en España es el *Leucotermes lucifugus*, su acción pavorosa se limita a la madera; aunque ha planteado hace pocos años graves problemas en el país, ya que amenazaron a El Escorial y a la misma ciudad de Madrid, interesan poco para nuestro estudio.

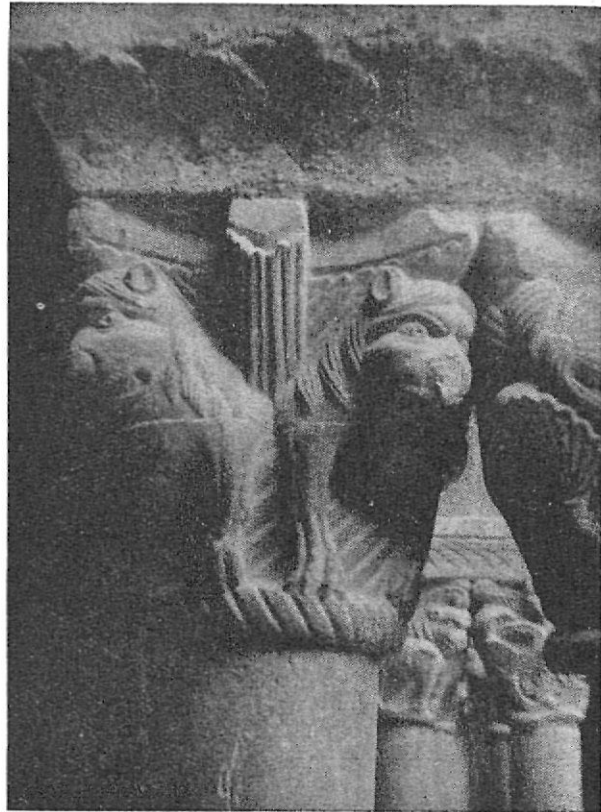
Aunque, en menor grado, no pueden olvidarse los aportes químicos de otros animales al depositar sus cadáveres, excrementos y orines, que, a veces, llegan a formar colinas de explotación industrial, como el guano americano, usado para abono. Todas estas materias suelen ser químicamente muy atractivas.

Los efectos destructores de las plantas superiores se concretan en la mecánica de las raíces, que se introducen en las grietas de las rocas, y al engrosar por crecimiento actúan a manera de cuñas de colosal poder expansivo y las reducen a fragmentos. Más importante

es su acción química; el anhídrido carbónico que desprenden como resultado de su respiración es capaz de atacar, ayudado por el agua, gran número de minerales y disgregar rocas compactas. La tercera actuación es por la condensación de la humedad, el entorpecimiento de la ventilación y evaporación y la desviación de grandes cantidades de agua sobre un edificio cuando la planta está adosada a las paredes o sus ramas se aproximan. Son particularmente peligrosas las higueras por su vitalidad y la fuerza expansiva de sus raíces; también la hiedra es buena condensadora de humedad, y los árboles de sombra cuyos ramajes vierten el agua sobre las construcciones.

El hombre como agente destructor. — El ser humano debe considerarse como otro agente, que ha logrado cambiar el aspecto de la superficie terrestre, como fácilmente se aprecia desde un avión. Sus poderes son ilimitados, frecuentemente intencionados y reforzados hasta lo inconcebible por la maldad refinada y la brutalidad desencadenada, con todos los recursos de la ciencia y de la técnica a su servicio. A través de guerras y revoluciones el mundo sabe por desgracia demasiado de estas fuerzas del mal. Pero este es asunto aparte, del que conviene recordar, por su frecuencia, la acción calcinante del incendio.

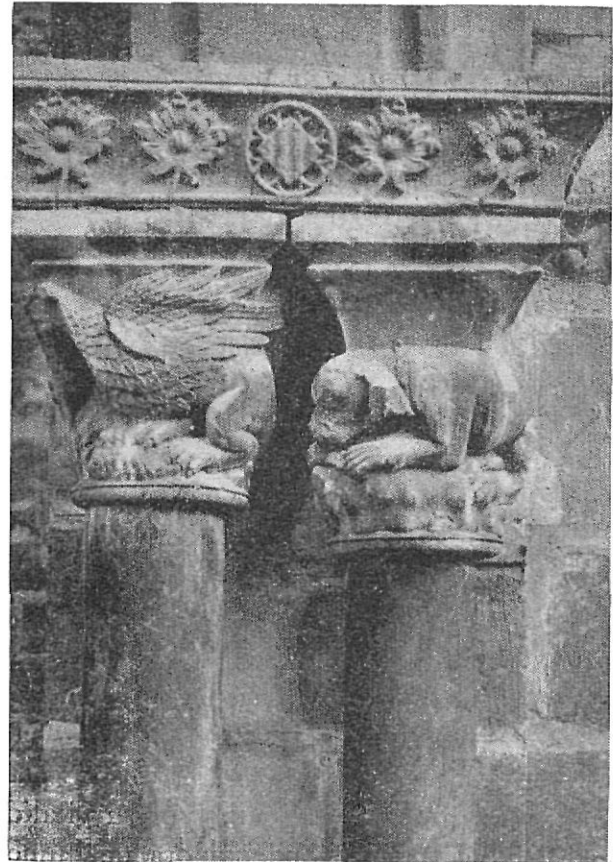
Aparte de ella, sea intencionada o fortuita (velas de los templos, chimeneas, cortocircuitos, colillas, etc.), hay que tener en cuenta otras consecuencias no intencionadas, pero importantes. Una es el uso, que desgasta las más duras piedras (jambas de puertas, pilas de agua bendita, umbrales, escaleras). La actividad humana libera numerosos agentes quími-



Capitel del Claustro.

cos procedentes de abonos, desechos industriales, fábricas de productos industriales, tanto por sus humos y emanaciones como por las aguas residuales, hornos, filtraciones, colectores... El hombre es culpable de la acción vegetal, al crear zonas verdes y jardines, adosar plantas para embellecimiento (edificios parcial o totalmente cubiertos de hiedra: *Palazzo Sforzesco*, de Milán, Castillo Condal de Amberes, *Porte des Halles*, de Bruselas, etc.) Los juegos de los muchachos mal educados no deben olvidarse; hay fachadas esculpidas muy perjudicadas en España por la castiza costumbre de arrojarles piedras o de jugar en ellas a pelota. Otras veces es la codicia, como cierto guarda del monasterio de San Cugat del Vallés (Barcelona), que en el siglo pasado se dedicaba a vender a los visitantes las cabecitas de las figuras de los capiteles del claustro, que rompía con un martillo.

Los cambios de moda, que desprecian en ciertas épocas las obras del pasado, han producido enormes males; recuérdense las murallas de Roma, el Coliseum, las murallas de Ampurias y otras muchas masas de piedra, utilizadas durante siglos como canteras o materia prima para fabricar cal. Los hornos bizantinos devoraron millares de estatuas y elementos arquitectónicos antiguos para convertirlos en este material. Los barceloneses de los siglos III - IV aprovecharon los restos de su ciudad destruida para el hormigón de las nuevas murallas. Las luchas y cambios religiosos destruyeron obras clásicas a comienzos del cristianismo, cuando el avance de los musulmanes, de los españoles en América, y en gran parte de Europa al producirse los movimientos reformistas del siglo XVI. Durante la Edad Media los ladrones de metales saquearon las ruinas antiguas en busca de las personas de bronce que trababan sus piezas, provocando rápidas ruinas. ¿Qué queda de las 3.800 estatuas de bronce públicamente expuestas en Roma en tiempos de Constantino?



Capitel del Claustro.

El fanatismo político destruyó inmensos tesoros en todos los tiempos, especialmente durante las revoluciones anticlericales; Ripoll no se libró de ellas. El capítulo de las guerras es pavoroso: en la de 1914-1918 la catedral de Reims se convertía en un montón de escombros humeantes, la artillería acababa con un ala de Ctesifón y Sendyirli era pulverizado. En la segunda conflagración mundial desaparecía la catedral de Coventry junto con toda su ciudad, se bombardeaba la catedral de Colonia, los monumentos de Berlín y Varsovia se hundían; en Italia perecían las pinturas del Camposanto de Pisa, el templo Malatestiano, la iglesia decorada por Pietro della Francesca en Padua, la *Cena* de Leonardo se salvó milagrosamente entre los escombros... A pesar de los servicios militares de protección artística de ambos bandos, aterra apreciar el balance de lo que se perdió en Europa, hojeando los Ajéndices de la *Enciclopedia Italiana*, o ese libro tristemente famoso de los *Tesoros de Arte perdidos de Europa*.