

# La deterioración de las piedras de la Catedral de Oviedo

## 2.º Parte: Formas y Fenómenos de Alteración

Dra. ROSA M.ª ESBERT y ROSA MARCOS

Departamento de Petrología. Facultad de Geología. Universidad de Oviedo

### RESUMEN

*En esta parte del trabajo, se describen y localizan las diversas formas de alteración superficial observadas sobre las piedras de la Catedral. Asimismo se concretan los fenómenos de deterioración más generalizados en el monumento, haciendo especial énfasis en el análisis de las costras.*

### SUMMARY

*The different forms of superficial alteration that appear on the stones of the Oviedo Cathedral are described and located, in this part of the paper. The more common phenomena of deterioration of the monument are also defined, stressing on the crusts.*

### INTRODUCCION

Antes de entrar en el análisis de aspectos concretos en la deterioración de los materiales pétreos de la Catedral de Oviedo debemos hacer algunas consideraciones de tipo general, referidas a dicho monumento y directamente relacionadas con su alteración-alterabilidad:

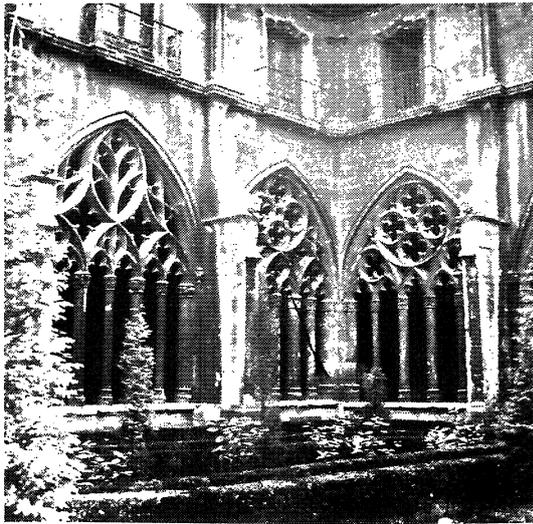
- La Catedral se halla ubicada en un área urbana de clima atlántico; este ambiente específico condicionará en un sentido muy determinado su deterioración.
- Los materiales pétreos utilizados para la construcción y reconstrucciones sucesivas han sido casi exclusivamente carbonatados.
- Teniendo en cuenta estas dos premisas citadas se pretende que dicho estudio pueda aportar conocimientos aplicables a otros monumentos, construidos con piedras semejantes y emplazados en áreas con ambiente comparable. (Esbert et al, 1978).

### FORMAS DE ALTERACION: DESCRIPCION Y SITUACION

En este apartado se han descrito aquellos caracteres sobreimpuestos a las rocas primitivas y que de una u otra forma están relacionados con su puesta en obra y el paso del tiempo.

Refiriéndonos al monumento en concreto, lo más destacable, a primera vista, es el ennegrecimiento de su parte externa, aunque este fenómeno no es constante ni uniforme, haciéndose más patente en determinadas zonas p. ej.: en el Pórtico y en el Claustro. Fotos 1 y 2.

Este ennegrecimiento es debido a una pátina de suciedad adherida a la piedra y que puede a veces ser desprendida con facilidad. Foto 3.



Fotos 1 y 2.—Enmugrecimiento selectivo de las piedras de la Catedral. Izda., arquerías del Claustro en su ángulo SE. Dcha., Pórtico visto por su fachada Oeste.

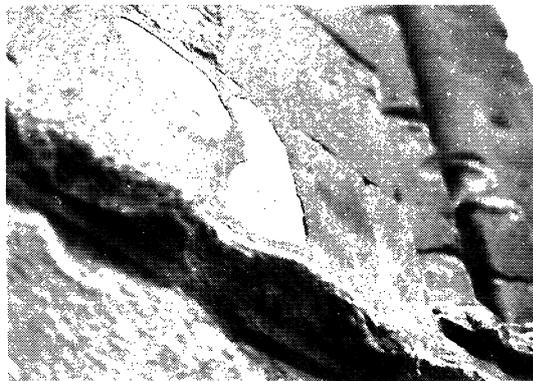


Foto 3.—Pátina de suciedad, localmente desprendida, dejando al descubierto la roca madre.

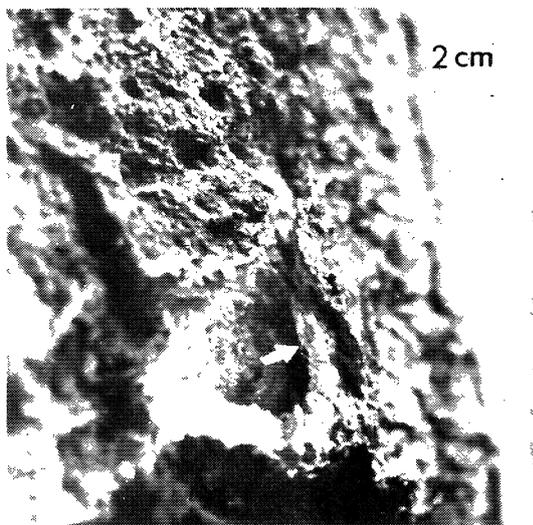


Foto 4.—Detalle de una costra sobre la piedra de Laspra.



Foto 5.—Ampollas desarrolladas sobre determinados sillares del Pórtico, en su fachada Sur.

Debajo de la misma, la roca habitualmente no está alterada aunque sí a menudo decolorada, conservando todavía las marcas del cincel. En otros casos existe una verdadera alte-

ración, formándose costras de espesor variable (Foto 4). En ocasiones pueden manifestarse al exterior con morfología de ampollas (Foto 5). Cuando la costra alcanza espesores considerables puede desprenderse formando desconchados.

Todas las costras están localizadas siempre en lugares resguardados con acceso al exterior: claustro, pórtico, interiores de los pisos de la torre y todo aquello que esté en los alrededores de un vano abierto o bajo una cornisa o relieve.

La orientación juega un papel decisivo en su formación; las caras Sur, Este, Oeste y Norte, son, por este orden, los lugares donde mejor se desarrollan con la excepción de zonas de goteras, donde el lavado contrarresta este efecto.

La mayor antigüedad de la puesta en obra influye asimismo pero dándose siempre las premisas anteriores, es decir, lugares resguardados, a la intemperie, y orientación adecuada; por eso hay paños de pared más antiguos mejor conservados que otros más modernos en razón de lo que hemos venido diciendo.

Además de la orientación, otro factor importante en la formación de costras es la altura. En las zonas altas son poco abundantes y cuando las hay, menos extensas y profundas. Por el contrario, estas partes altas son muy vulnerables a los fenómenos meteorológicos: lluvia, vientos, rayos, que las destruyen por abrasión, lavado o impacto de una forma rápida; para este tipo de alteración, la orientación más favorable es la inversa a la que apuntábamos antes, o sea, las zonas más azotadas y que por ende aparecen limpias, aunque desgastadas y decoloradas, son siempre, exceptuando espacios resguardados, las Norte, Oeste, Este y Sur.

Otras formas de alteración muy generalizadas en la Catedral, y a las que al principio hacíamos referencia son las pátinas. Hay entre ellas una amplia variabilidad (Henan, 1980), (Arnold et al 1980), (Ordaz, 1982), que a continuación se califican y detallan.

- *Pátina de enmugrecimiento*: es la más extendida, aparece sobre cualquier tipo rocoso y en diferentes partes del monumento. Fotos 1, 2 y 3.
- *Pátina de cromatización*: es de color amarillento, aparece sobre la dolomía de Laspra y es debida a la movilización, por lixiviado, del hierro de la roca. A veces, y sobreadañada a esta pátina, encontramos "pulverización" del material; cuando éste se desprende aparece la roca con su color original. Puede representar un estado más avan-

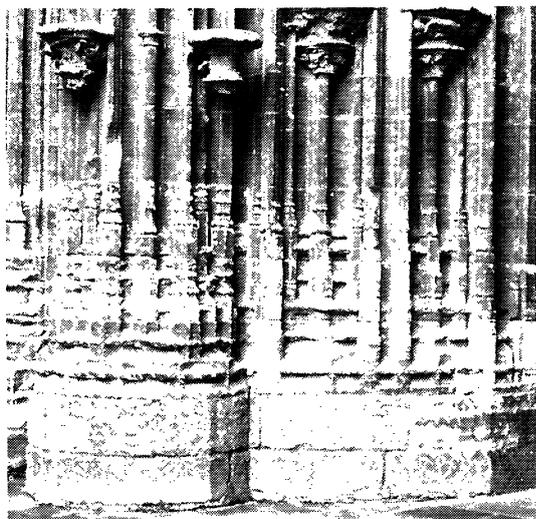


Foto 6.—Detalle del intenso burilado sobre la dolomía de Laspra, en las jambas de la puerta central del pórtico.



Foto 7.—Fenómenos de alveolización sobre determinados sillares de Piedramuelle en la fachada Oeste del Pórtico.

zado del fenómeno anterior, con lixiviación, disolución del material y pérdida de cohesión del conjunto.

- *Pátina de decoloración*: Frecuente sobre las calizas pardo-amarillentas de Piedramuelle y Tiñana. Estas rocas que no tienen de por sí un tono uniforme, al fracturarse, manifiestan todas ellas en su interior un color más intenso. La causa de esta pérdida de color es el lavado de la superficie de la roca y se evidencia preferentemente en los lugares expuestos a la lluvia y vientos.
- *Pátina de rubefacción*: Es de color rojizo y se trata de una tinción superficial de la roca originada por la oxidación y lavado de los barros de forja asentados sobre la misma. Aparece en la puerta central exterior de la fachada Oeste del Pórtico, sobre material de Piedramuelle y otros.

TABLA I

FENOMENOS Y FORMAS DE ALTERACION		NOMBRE DEL MATERIAL Y SITUACION DE LOS FENOMENOS Y FORMAS DE ALTERACION EN EL MONUMENTO		
		LASPRA	PIEDRAMUELLE	TIÑANA
COSTRAS		-lugares resguardados*	-lugares resguardados -exterior	
AMPOLLAS		-lugares resguardados -exterior	-lugares resguardados -exterior	
DESCONCHADURAS		-lugares resguardados -exterior	-lugares resguardados -exterior	
P A T I N A S	de enmugrecimiento	-lugares resguardados -exterior	-lugares resguardados -exterior	
	de cromatización amarillenta	-lugares resguardados -exterior		
	de decoloración		-exterior	--exterior
	de rubefacción		-exterior	-exterior
	de verdín	-exterior (W)	-exterior (N,W y S)	
D E P O S I T O S	polvo	-lugares resguardados -interior	-lugares resguardados -exterior	--lugares resguard.
	mixtos	-lugares resguardados -exterior -interior	-lugares resguardados -exterior	
	excrementos de aves	-lugares resguardados -exterior		
BURILADO		-lugares resguardados -interior	-exterior -interior	
EXCORIACIONES		-interior	-exterior	
PICADURAS		-interior	-exterior	
PULVERIZACION		-lugares resguardados -interior	-lugares resguardados	
ALVEOLIZACION		-exterior (W)	-exterior (N, W y S)	
VEGETACION		-exterior	-exterior	

\*Lugar resguardado se refiere a toda zona situada bajo un techo, relieve, cornisa, etc., pero con acceso abierto al exterior.

Otras formas de alteración observadas han sido los depósitos superficiales que en unos casos son de origen mixto, formados por acumulación de material procedente del lavado de zonas superiores y por suciedad adherida, y en otros, se trata de excrementos de aves, principalmente palomas.

En las áreas donde hay roce humano continuado la roca presenta un desgaste notable y a veces hasta pulido (burilado). Este fenómeno se hace especialmente patente en el interior y en los aledaños de las puertas de acceso más frecuentemente utilizadas. Foto 6.

Son de destacar los destrozos del material en forma de excoiraciones y picaduras, debidas a impacto de proyectiles o producidos, incluso intencionadamente, por la mano humana.

En el interior del templo la piedra está bien conservada aunque existe una ligera pulverización y es fácil que los dedos queden manchados de blanco al deslizarlos por la superficie de los sillares.

Sobre las rocas de Piedramuelle y Laspra, y en la fachada Oeste, aparecen esporádicamente fenómenos de alveolización (Foto 7) que en conjunto se traducen en huecos y resaltos en la piedra (Pauly, 1976).

Líquenes, musgos y plantas superiores crecen sobre las piedras de la Catedral, en diversas partes del exterior.

La Tabla I resume todos los detalles que acabamos de describir.

## **FENOMENOS DE ALTERACION: LAS COSTRAS**

Las formas de alteración, descritas en el apartado anterior, representan, en general, diferentes expresiones de dos fenómenos de alteración generalizados: las pátinas y las costras (Gauri, 1978). Respecto a la deterioración, unas y otras tienen un significado bien diferente. La pátina no es más que una modificación superficial de la roca que no implica necesariamente procesos de alteración. Las costras son láminas, más o menos compactas de material en la superficie de la piedra, resultado de una transformación superficial del sustrato y cuya composición y características físicas son parcialmente o totalmente diferentes de la roca sobre la que se encuentran.

Teniendo en cuenta las anteriores definiciones, en la Catedral de San Salvador de Oviedo, el análisis de las costras tiene un gran interés, por cuanto representan el exponente más avanzado de la interacción entre el ambiente y las características intrínsecas de los materiales utilizados (Javey, 1972). Su estudio, nos aporta pues, cantidad de datos para la deducción y establecimiento de los mecanismos de alteración.

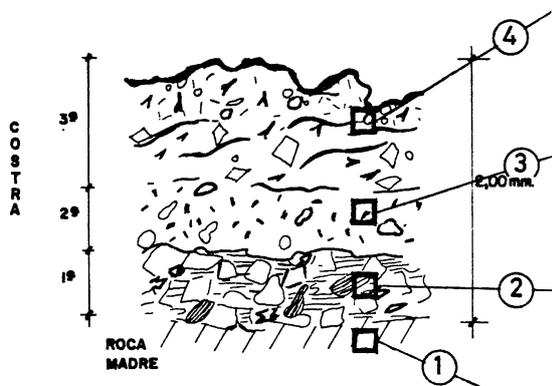
Las costras, aparecen sobre los tres tipos rocosos empleados en el monumento aunque no alcanzan en todos ellos ni el mismo grosor ni el mismo desarrollo. De la observación de las mismas por microscopía electrónica de barrido (SEM) se han podido deducir algunas características:

Sobre la piedra de Laspra puede desarrollarse una costra compleja, con varias capas, Esquema 1, o costras sencillas, con una capa única, ennegrecida en su parte externa. En este caso la capa de la costra es morfológicamente semejante a la segunda capa de la costra más compleja, la (3) del Esquema 1.

Sobre las piedras de Tiñana y Piedramuelle las costras que se forman están, por lo gene-

ral, menos desarrolladas en cuanto al número de capas se refiere, siendo el número máximo observado, en nuestros estudios de dos, Esquema 2.

Esquema 1.—COSTRA SOBRE ROCA DE LAS-PRA. Pórtico de la Catedral.



- (1) *Roca madre.*
- (2) *Primera capa (Costra interna).*—Compacta, de aspecto cristalino, color grisáceo o blanquecido, bien adherida unas veces; otras, se desprende con facilidad.
- (3) *Segunda capa (Costra media).*—Amarillenta, de aspecto cristalino, adherida a la anterior aunque también a veces se desprende. En ocasiones el aspecto cristalino se pierde, entonces, el color es blanquecino. En estos casos se aprecia un aumento de la porosidad.
- (4) *Tercera capa (Costra externa).*—Muy porosa, con cantidad de material pulverulento formando subcapas de tonos grises. No cristalina, ennegrecida en su límite externo.

Esquema 2.—COSTRA SOBRE ROCA DE PIEDRAMUELLE.



- (1) *Roca madre.*
- (2) *Primera capa (Costra interna).*—Porosa, más o menos compacta.
- (3) *Segunda capa (Costra externa).*—Muy porosa y pulverulenta. Ennegrecida totalmente o en su límite externo.

Desde el punto de vista químico-mineralógico, y basados en los análisis difractométricos por rayos X así como en los de espectrometría de rayos X por energía dispersiva (EDAX), (Alessandrini et al 1982), se han podido establecer algunas consideraciones:

— Sea cual fuere la roca carbonatada sobre la que se desarrollan las costras, dolomía o caliza, éstas tienen siempre porcentajes elevados de yeso. Fotos 8 y 9.



Foto 8.—Conjunto de cristales de yeso masivo, en la parte superficial de una costra, sobre la dolomía de Laspra.

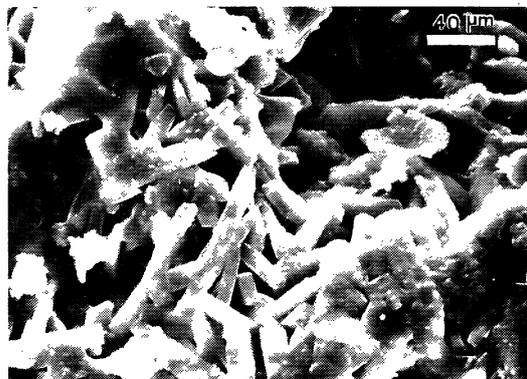


Foto 9.—Aspecto de los cristales de yeso, localizados en la parte más externa de una costra, sobre la caliza de Tiñana.

— El material que forma las diferentes costras tiene una doble procedencia: un porcentaje elevado del mismo procede de la roca madre y otro porcentaje menor, es de material adherido.

Del estudio de los porcentajes de los elementos químicos más significativos de las costras, en cada una de sus capas, Tabla II, podemos deducir algunas tendencias teniendo siempre presente la naturaleza de la roca madre y la morfología de la costra:

En la piedra de Laspra, si la costra tiene una única capa, el Ca y el S aumentan de la roca madre al exterior y el Mg disminuye en el mismo sentido. Si hay más de una capa, el Ca y el S disminuyen en la última, y el Mg aumenta considerablemente. Fotos 10, 11, 12 y 13.

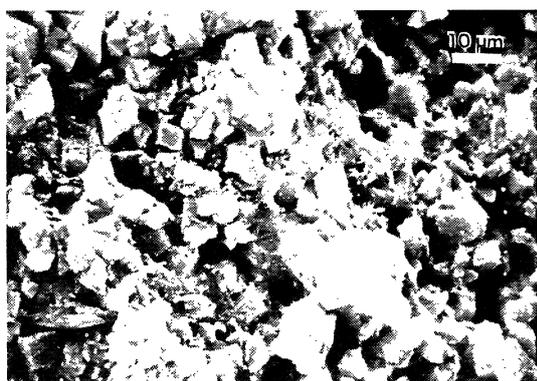


Foto 10.—Micrografía de la roca madre de Laspra. Se distinguen claramente los cristales de dolomita.



Foto 11.—Detalle de la capa media de una costra sobre la piedra de Laspra: abundan los cristales de yeso, hay algún cristal de dolomita y multitud de espacios vacíos.

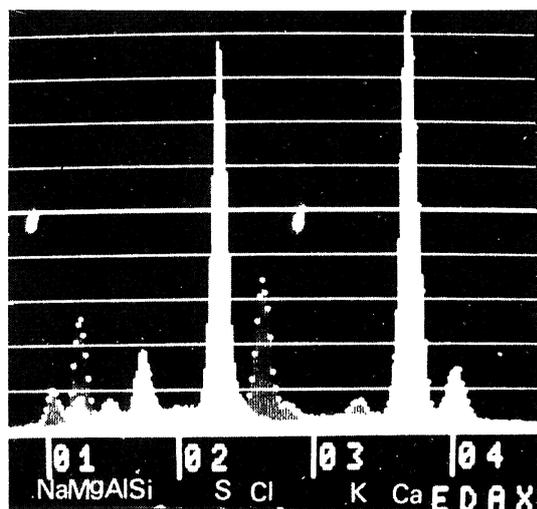


Foto 12.—Diagrama del análisis cualitativo de la capa media (en blanco), y de la roca madre (en punteado). Piedra de Laspra.

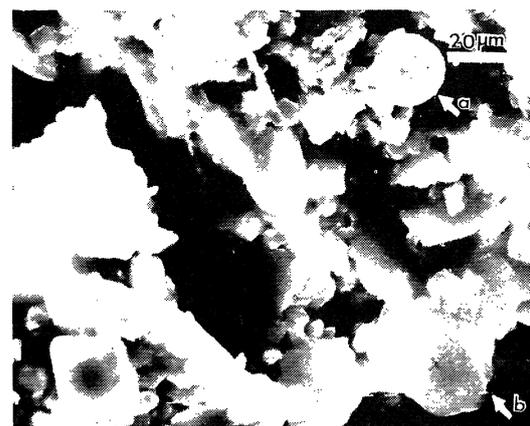


Foto 13.—Aspecto general de la costra externa. Se aprecian algunos cristales de yeso (a) y esférulas de diatomeas (b).

El Al y el Si tienen la tendencia a aumentar en las últimas capas, coincidiendo con la proliferación de esférulas (diatomeas). Foto 14.

T A B L A II

ANALISIS CUANTITATIVO (EDAX) DE LA COSTRA DE LASPRA MAS DESARROLLADA.  
Corresponde al Esquema 1.

Elementos	% Roca madre	% Costra Capa interna	% Costra Capa media	% Costra Capa externa
Ca	26,421	40,540	36,040	19,886
Mg	32,852	20,276	10,131	28,430
Na	15,974	2,817	3,500	8,088
K	1,061	1,876	0,621	0,823
Al	5,172	1,842	5,100	12,688
Si	10,802	3,792	9,655	22,875
S	3,372	27,453	34,709	6,432
Cl	4,342	1,401	0,240	0,774

ANALISIS CUANTITATIVO (EDAX) DE LA COSTRA DE LASPRA MENOS DESARROLLADA

Elementos	Roca madre	% Costra cerca roca madre	% Costra cerca superficie
Ca	28,863	32,966	47,747
Mg	34,666	33,657	12,029
Na	14,635	7,981	4,210
K	0,664	0,958	0,641
Al	4,587	5,901	2,753
Si	15,199	10,617	7,129
S	0,413	7,363	31,798
Cl	0,969	0,554	0,688

ANALISIS CUANTITATIVO (EDAX) DE LA COSTRA DE PIEDRAMUELLE MAS DESARROLLADA  
Corresponde al Esquema 2.

Elementos	% Roca madre	% Costra Capa interna	% Costra Capa externa
Ca	79,811	46,106	38,326
Mg	1,991	1,195	4,636
Na	-	-	-
K	-	0,610	2,031
Al	-	3,206	9,864
Si	-	11,272	19,321
S	18,196	37,608	21,498
Cl	-	-	-
Fe	-	0,988	4,320

ANALISIS CUANTITATIVO (EDAX) DE LA COSTRA DE TIÑANA MENOS DESARROLLADA

Elementos	% Costra zona relieve alto	% Costra zona relieve bajo
Ca	49,192	34,758
Mg	1,411	1,979
Na	-	-
K	0,716	1,406
Al	4,020	10,856
Si	5,485	20,786
S	38,013	22,217
Cl	-	-
Fe	1,120	7,98

En Piedramuelle y Tiñana, las tendencias de los elementos son también diferentes según tenga la costra una o dos capas:

Si tiene una capa, el Ca disminuye de la roca madre a la superficie, aumentando el S en el mismo sentido.

Si tiene dos capas, el Ca se comporta del mismo modo pero el S disminuye ligeramente en la última capa. Foto 15.

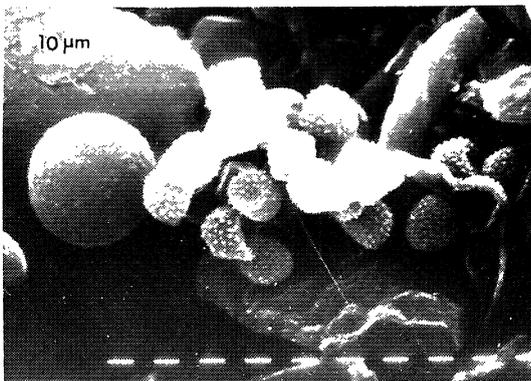


Foto 14.—Aspecto de una esférula (diatomea), y de varios granos de polen incrustados en la superficie de la capa externa. Piedra de Laspra.

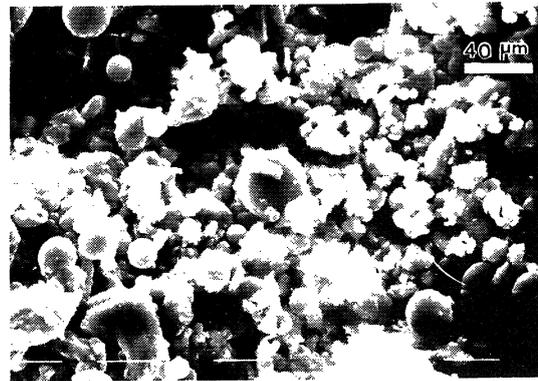


Foto 15.—Micrografía de una zona deprimida en una costra sobre material de Tiñana. Disminuye el número de cristales de yeso y aumenta el número de esférulas.

El aumento ostensible de Si y Al está provocado por la presencia de diatomeas en la capa externa, las cuales se acumulan preferentemente en las zonas de relieve bajo (Fotos 15 y 16) junto con el Fe, que lixiviado durante el proceso de alteración, se concentra en estas zonas.

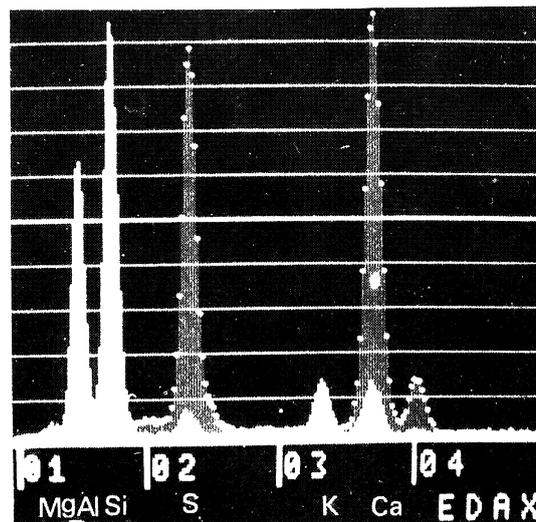


Foto 16.—Diagrama del análisis cualitativo de una zona alta de la costra (en punteado), y de una esférula (en blanco).

## CONCLUSIONES

— Sobre las piedras de la Catedral de Oviedo se localizan numerosas formas de alteración: alvéolos, ampollas, burilado, costras, depósitos, desconchaduras, excoriaciones,

pátinas, picaduras, pulverización y vegetación, las cuales se recogen en la Tabla I. Dichas formas de alteración son la consecuencia de la acción de los agentes ambientales sobre las rocas carbonatadas.

- Juegan un papel decisivo en esta acción las lluvias (humedad relativa, nieblas, etc.), vientos y los agentes contaminantes. Otros factores como la temperatura, insolación, etcétera., coadyuvan esta acción.
- Las costras que se forman sobre los distintos tipos rocosos pueden tener diferentes espesores y constar de una o más capas diferenciadas.
- Cuando dichas costras tienen una o dos capas, éstas son siempre porosas, aumentando su porosidad hacia el exterior.
- Si la costra tiene más capas, el proceso no es exactamente así, la primera capa o costra interna es más o menos compacta, en las otras la porosidad aumenta hacia el exterior pero, esporádicamente, se pueden encontrar finas intercalaciones de material compacto.
- Son de naturaleza sulfatada; el yeso es el principal mineral neoforado. Está presente en todas ellas, variando su contenido de unas a otras.
- Las citadas costras de sulfatación se forman en las superficies protegidas de la lluvia, en aquellas partes que no se lavan y donde la aireación es menor.
- La alteración de carácter químico es más acusada en la piedra de Laspra, tal como evidencia el elevado número de costras desarrollado sobre ella. Este hecho está directamente relacionado con su textura. Así, y comparándola con los otros dos tipos rocosos, frente a idénticos factores ambientales, su tamaño de grano, fino y uniforme así como su elevado porcentaje de microporos repartidos por un igual en toda su masa, favorecen dicha alteración.

## AGRADECIMIENTOS

*Este trabajo ha sido subvencionado por la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (Proyecto n.º 4.446-79).*

## BIBLIOGRAFIA

- (1) ALESANDRINI, G., G. SALA, G. BISCONTIN, L. LAZZARINI, (1982): "The arch of Peace in Milan". 1 Researches on stone deterioration. Studies in Conservation. Vol. 27. Number 1. February. pp. 8-18.
- (2) ARNOLD, A.; D. JEANETTE; K. ZEHNDER, (1980): "Proposal for a Terminology of Weathering Phenomena on Building Stones". Reunión del Group Petrography de ICOMOS. Estrasburgo.
- (3) ESBERT, R. M., J. ORDAZ y L. M. SUAREZ DEL RIO, (1978): "La durabilidad de los materiales calcáreos como piedra monumental". (En prensa). Comisión Nacional de Geología. Vol. Homenaje a J. M. Ríos.
- (4) HENAU, P. DE, (1980): "Vocabulaire des terms descriptifs de l'état de surface des matériaux de construction", Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bruxelles.
- (5) JAVEY, C. (1972): "L'altération des roches et des monuments. Etude documentaire". Bull. B.R.G.M. (2), III 1. pp. 39-66.
- (6) LAL GAURI, K., (1978): "La protección de la piedra". Investigación y Ciencia n.º 23. Prensa Científica, S. A. Barcelona pp. 78-85.
- (7) ORDAZ, J., (1982): "Glosario de términos utilizados en la descripción de fenómenos de deterioración de las piedras en los monumentos". Informe interno. A01/82. Departamento de Petrología de Oviedo.
- (8) PAULY, J. P., (1976): "Maladie alveolaire. Conditions de formation et d'évolution". The conservation of Stone I. Proceedings of the International Symposium, Bologna, pp. 55-80.