

DETERMINACIÓN  
MONUMENTOS DE  
VALLES

LUIS VALTECÓN 1989

## Petrografía, formas y procesos de alteración desarrollados en las piedras de algunos monumentos de Avilés (Asturias)

Por ROSA M. ESBERT, MERCEDES VAZQUEZ y FCO. J. ALONSO

### RESUMEN

Este trabajo, centrado en tres monumentos de la Villa de Avilés (Asturias), compendia parte de los estudios previos referidos a la conservación y restauración de sus piedras monumentales. Se incluye el estudio petrográfico, la descripción, ubicación y análisis de las diversas formas de alteración desarrolladas en sus piedras y se describen los principales agentes que las han generado.

Se intenta que a partir de estos conocimientos puedan plantearse soluciones encaminadas a paliar o demostrar la acelerada degradación a que se ven sometidas estas edificaciones en un ambiente agresivo como es el de Avilés, villa declarada Zona de Atmósfera Contaminada en 1981.

### ABSTRACT

A petrographical study of the stone varieties employed in three monuments of Aviles Historic - Artistic - Patrimony (Spain) is presentend. The Village of Aviles has been declared in 1981. Contaminated Atmospheric Zone. The different forms of alteration developed on their stones, their location in the monuments and their alterological interpretation is also included.

This study is intended as a contribution for solutions to palliate the accelerate degradation developed on these buildings placed in an extreme aggressive environment.

### INTRODUCCION

El presente trabajo resume parte de los estudios previos que deberían realizarse antes de acometer cualquiera de las fases de restauración, de un monumento deteriorado construido en piedra, pudiéndose englobar en lo que se denomina fase de «diagnóstico».

Se ha referido, de forma concreta, a algunos monumentos del Patrimonio Arquitectónico de la Villa de Avilés (Asturias), ciudad marítima, declarada zona de Atmósfera Contaminada en 1981. Tiene un ambiente muy agresivo con una elevada contaminación ambiental, que está influyendo de manera decisiva tanto en la naturaleza de las alteraciones desarrolladas sobre sus piedras monumentales, como en la intensidad y ritmo de deterioro.

Cabe sin embargo precisar que las industrias

siderometalúrgicas en Avilés, han sido instaladas hace relativamente poco tiempo —a principios de la década de los 50— y que hasta 1980 no se ha dispuesto de medidas sobre la naturaleza y concentraciones de los contaminantes más habituales (SUÁREZ MARCOS et al., 1985). Así pues, este trabajo, puede tomarse como punto de partida de otros futuros, en los cuales se podrá analizar, con una perspectiva más larga en el tiempo, la influencia concreta que los diferentes contaminantes industriales de esta localidad, tienen en los procesos de alteración de sus piedras monumentales.

Los monumentos seleccionados han sido algunos de los más significativos del Patrimonio histórico-artístico de Avilés: La Iglesia románica de los Franciscanos (antigua San Nicolás) y los palacios renacentistas de Llano-Ponte y Ferrera. Dichas edificaciones están todas ellas construidas con materiales rocosos sedimentarios: calizas, dolomías y areniscas.

(\*) Area de Petrología y Geoquímica. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo.



2. ANTECEDENTES HISTORICOS  
DE LOS MONUMENTOS ESTUDIADOS

La *Iglesia de los Franciscanos* es el monumento románico más antiguo de Avilés (finales del siglo XII, primeras décadas del XIII). De la primitiva obra se conserva una portada central románica, que data de finales del siglo XII. Desde el punto de vista de la edificación es interesante hacer notar la ausencia de contrafuertes a ambos lados de la portada, hecho que hace pensar que el templo debía tener una cubierta ligera, de madera.

Conserva dos importantes capillas góticas: La Capilla de los Alas o de Santa María (año 1346), incorporada al lado de la portada románica; y la Capilla de los Angeles o de Pedro Solís (año 1499), dedicada a la Asunción (GARRALDA GARCÍA, 1970).

El *Palacio Llano-Ponte* es una construcción civil de finales del siglo XII. Actualmente alberga un cine. Del antiguo palacio sólo se conserva la fachada. Es un palacio asoportado de dos pisos, con pilastras de orden gigante de herencia manierista, y capiteles jónicos. El piso inferior presenta

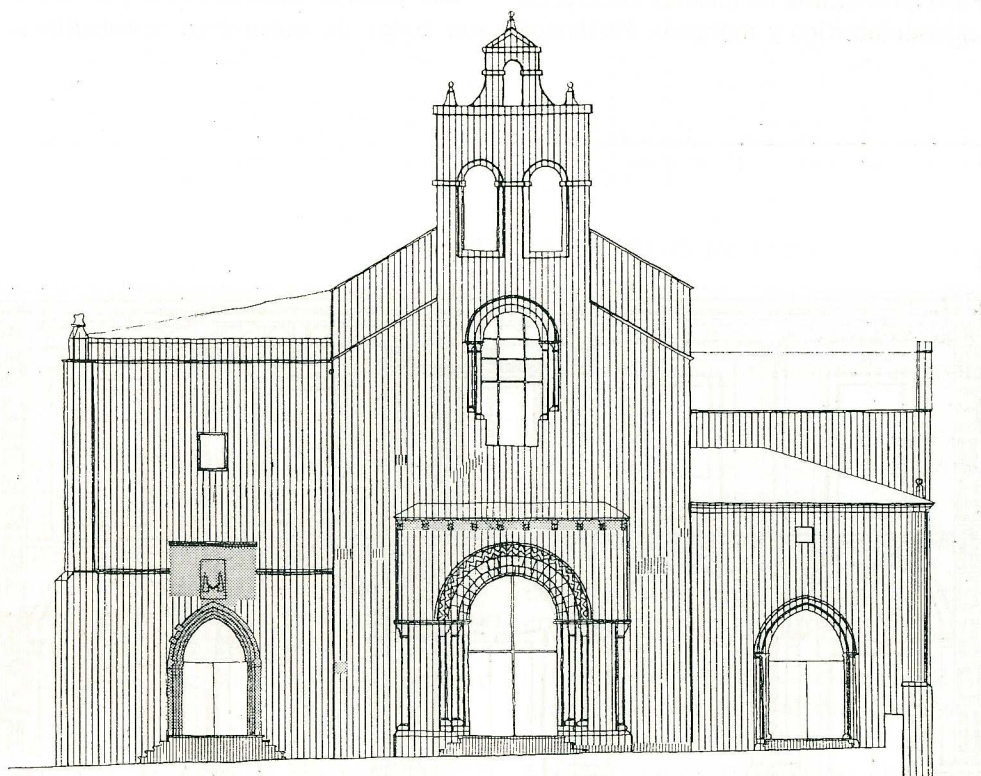
cinco arcos de medio punto y el piso superior cinco balcones, que se corresponden con los arcos (MARÍN VALDÉS, 1981).

El *Palacio Ferrera* es una edificación de tres pisos con una torre antigua de planta cuadrada (siglo XVII). Su estructura es sólida y de gran sobriedad. Tiene balcones adintelados en los pisos, separados por líneas de impostas que se prolongan en la torre (MARÍN VALDÉS, 1981).

3. UBICACION DE LAS VARIEDADES  
PETREAS EN LAS EDIFICACIONES

La *Iglesia de los Franciscanos*, en su fachada principal, está mayoritariamente construida con una arenisca Carbonífera, excepto algunos sillares que son de una dolomía de edad Jurásica (Lías).

La portada de la Capilla de los Angeles y el escudo situado en la parte superior, se ha realizado sobre otro tipo de dolomía de edad Terciaria. En la figura 1 se representa un alzado de la fachada



MATERIALES PETREOS DE EDIFICACION  
IGLESIA DE LOS FRANCISCANOS

- Dolomía Terciaria.
- ▨ Arenisca.
- ▤ Dolomía Jurásica.

Figura 1.—Alzado de la fachada de la Iglesia de los Franciscanos, en el que se reseñan las variedades pétreas utilizadas en edificación.



de la iglesia, en el que se localizan las distintas variedades de piedra citadas.

El *Palacio Llano-Ponte* está edificado exclusivamente con la dolomía Jurásica (Lías) (fig. 2).

En la construcción del *Palacio Ferrera* se ha utilizado mayoritariamente una arenisca de edad Jurásica (Målm); también se utilizó la dolomía Jurásica (Lías) en los voladizos basales de todos los balcones, dos de las ventanas principales y en parte del zócalo del edificio, tal como se muestra en la figura 3.

En el mapa geológico del IGME, escala 1:50.000 (1973), Hoja de Avilés (núm. 13), aparecen representadas las formaciones geológicas de las que, con toda probabilidad, se extrajeron las litologías inventariadas en los monumentos estudiados.

La arenisca Carbonífera se encuentra en pequeños afloramientos alternando con bancos de conglomerados y de carbón. Hoy se puede localizar en dos localidades: Arnao, al oeste de Salinas, y Nieva.

La dolomía Jurásica (Lías) se localiza dentro de un conjunto calcodolomítico y margoso. Pertenece

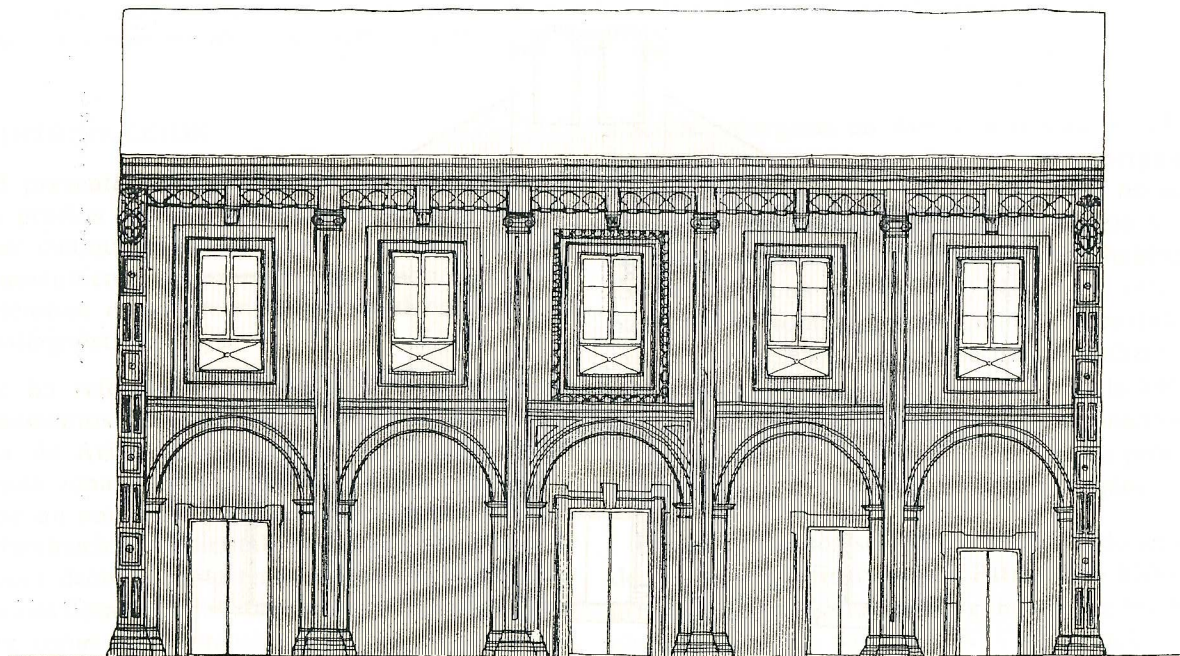
a la «Formación Gijón» y es visible en la carretera Oviedo-Avilés, a la entrada de Avilés, junto a las instalaciones de Ensidesa y a lo largo de toda la villa.

La arenisca Jurásica (Målm) aparece también cerca de Avilés, en bancos no inferiores a 40 metros, presentando en algunos niveles cemento calcáreo. Estos materiales afloran en la carretera de Cancienes a Tamón.

La dolomía Terciaria parece corresponder al mismo tipo de roca utilizada en la Catedral de Oviedo (ESBERT y MARCOS, 1983), situándose las canteras en distintos puntos de los alrededores de Oviedo (Cristo de las Cadenas, Picu Sierra, etcétera...); mapa geológico del IGME, escala 1:50.000 (1973), Hoja de Oviedo (núm. 29).

#### 4. ANALISIS PETROGRAFICO DE LOS MATERIALES

Las piedras utilizadas en los tres monumentos son todas de naturaleza sedimentaria: dolomías,



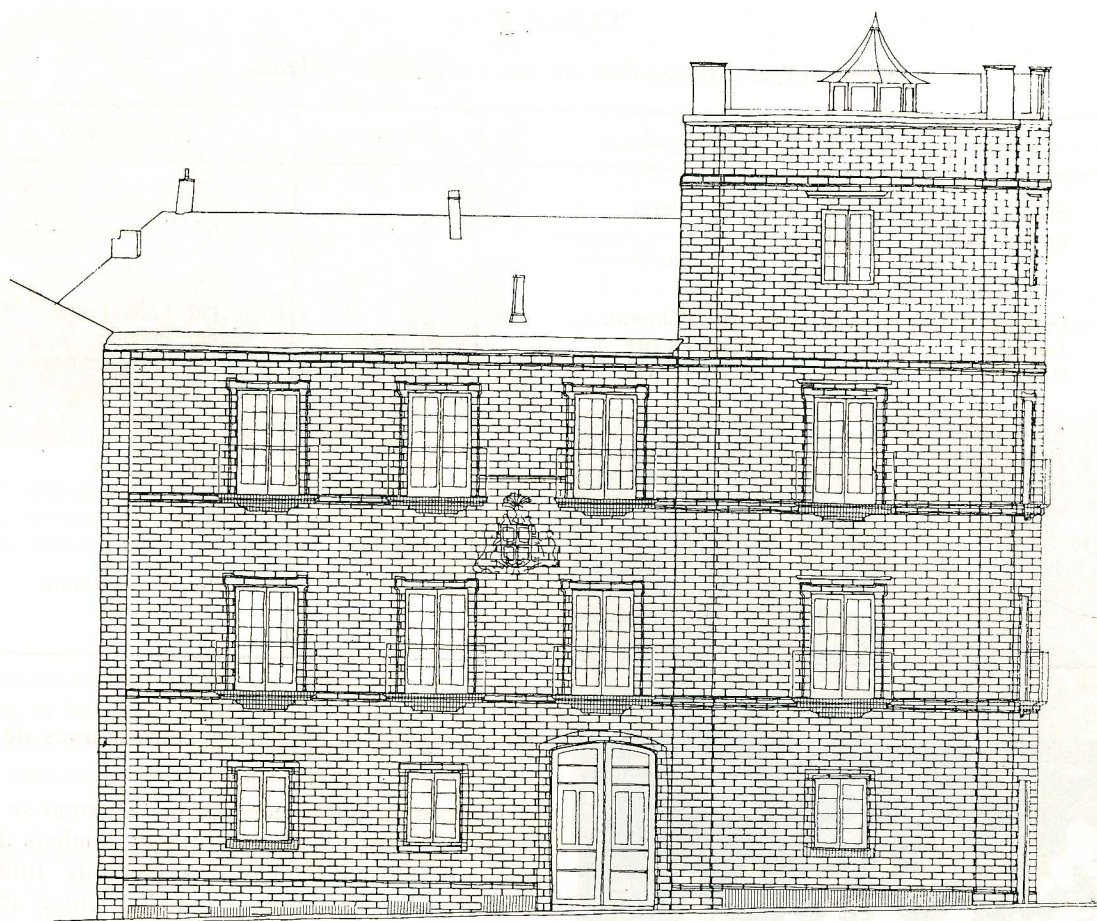
■ Dolomía Jurásica.



MATERIALES PETREOS DE EDIFICACION

PALACIO LLANO-PONTE

Figura 2.—Alzado de la fachada del Palacio Llano-Ponte. Toda ella ha sido construida con dolomía Jurásica.





-  Arenisca Jurásica.
-  Dolomía Jurásica.

MATERIALES PETREOS DE EDIFICACION  
PALACIO FERRERA

Figura 3.—Alzado de la fachada del Palacio Ferrera, en el que se reseñan las variedades pétreas de edificación.

calizas y areniscas. En la tabla I se muestran, a modo de resumen, algunas de las características de las rocas estudiadas. La mineralogía se ha determinado mediante análisis de difracción de rayos X, el estudio textural se ha realizado sobre láminas delgadas (BLATT, 1982) y, finalmente, se ha determinado la porosidad accesible al agua, por el método de la pesada hidrostática (BELIKOV et al., 1967).

La arenisca *Carbonífera* es una roca homogénea de grano fino, poco coherente. Presenta color amarillo-vinoso (10YR 6/3, Munsell Color Charts) con abundantes micas y granos minerales de color negro, así como otros más blancos (feldespatos). En algunas zonas hay tonalidades ocres debido a la presencia de óxidos de hierro.

Es una arenisca con un tamaño de grano de arena fina. Los granos minerales muestran cierta heterometría marcándose dos tendencias, una con tamaño de grano de 200  $\mu\text{m}$ , y otra alrededor de 50  $\mu\text{m}$ . Presenta cemento de cuarzo de sobrecrecimiento en baja proporción.

Entre los componentes esenciales destacan los granos de cuarzo y algún grano de chert; en segundo lugar los feldespatos, en su mayoría tipo ortosa, aunque también se observa alguna microclina y plagioclasas. Presenta algunos filosilicatos tipo moscovita y biotita (fig. 4). Como minerales accesorios se encuentran opacos, circón y óxidos de hierro en muy bajo porcentaje.

Esta roca presenta abundantes espacios vacíos



**TABLA I**  
**Mineralogía y porosidad de las variedades pétreas**

Roca	Mineralogía	Porosidad	Monumentos
Arenisca Carbonífera	85% cuarzo 8% fpto. potásico 7% filosilicatos	27 %	Igl. Franciscanos
Dolomía Jurásica (Lías)	90% dolomita <5% calcita <5% cuarzo	11 %	Pal. Llano-Ponte Pal. Ferrera Igl. Franciscanos
Arenisca Jurásica (Mälm)	53% cuarzo 26% dolomita 10% microclina 10% filosilicatos	10,5 %	Pal. Ferrera
Dolomía Terciaria	68% dolomita 31% calcita <2% filosilicatos	14 %	Igl. Franciscanos



Figura 4.—Aspecto de la textura de la arenisca Carbonífera. Se observan granos de cuarzo, feldespatos alterados, alguna lámina de moscovita y cemento de cuarzo de sobrecrecimiento (N. C.)

intergranulares los cuales le confieren una porosidad accesible al agua alrededor del 27 por 100.

La *dolomía Jurásica (Lías)* es una roca poco coherente, de grano fino, con superficies de fractura irregular y color amarillo (10YR 7/5). Presenta filoncillos recristalizados y un ligero moteado de granos negros. Se observan zonas de tonalidades

pardo-rojizas, debido a concentraciones de óxidos de hierro.

La roca es una doloesparita tal como se deduce de la observación microscópica y análisis difractivo. Los cristales son bastante uniformes, euhedrales, con tamaños medios entre 15  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$  (fig. 5). Se observan algunas vetas y núcleos tapizados de cemento blocky de calcita.

Aparecen granos de cuarzo en pequeño porcentaje y, como minerales accesorios, se presentan opacos y óxidos de hierro, en cúmulos, con disposición intersticial.

Los espacios vacíos son más o menos equidimensionales, de tipo intercrystalino, confiriendo al material una porosidad accesible al agua alrededor del 11 por 100.

La *arenisca Jurásica (Mälm)* es una roca homogénea, poco coherente de grano fino, con superficie de fractura irregular. Presenta color beige (10YR 6/2), con abundantes granos minerales de color negro y algunos cristales de micas. Algunas muestras presentan tonalidades diferentes, más claras o más oscuras, debido a los procesos de lixiviación de sus minerales de hierro.

Como minerales fundamentales muestra granos de cuarzo y, en menor cantidad, feldespatos tipo ortosa y microclina. Hay también algunas micas,



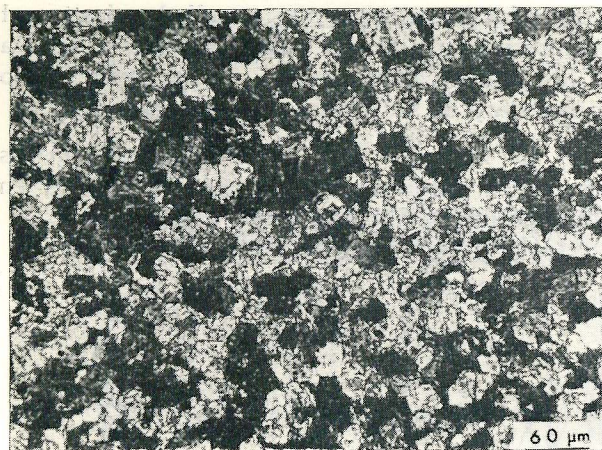


Figura 5.—Dolomía Jurásica (Lías). Es de destacar la uniformidad textural de esta roca; en particular, la homogeneidad de tamaño de los cristales de dolomita y sus formas euhedrales (N. C.).

fundamentalmente moscovita, que en ocasiones conserva el hábito tabular, y algún cristal de biotita (fig. 6). Entre los minerales accesorios encontramos opacos, minerales de hierro y alguna turmalina.

Es una arenisca con un tamaño de grano de arena fina. La mayoría de los granos se encuentran rodeados por cemento carbonatado de dolomita. Los minerales laminares adoptan una cierta orientación preferente, aunque la forma general de los granos es la subredondeada.



Figura 6.—Arenisca Jurásica (Malmö). Detalle de la textura donde se observan granos de cuarzo y de moscovita, y con disposición intersticial cristalitas de dolomita (N. C.).

Esta roca presenta abundantes espacios vacíos que confieren al material una porosidad accesible al agua de un 10,5 por 100.

La *dolomía Terciaria* es una roca homogénea de color blanco 10 YR 8/1, con superficie de fractura irregular, poco coherente y deleznable. En algunas zonas muestra ligeras tonalidades amarillentas debido a concentraciones de óxidos de hierro.

Texturalmente es una biomicrita parcialmente dolomitizada, presentando alrededor de un 20 por 100 de bioclastos (fig. 7).

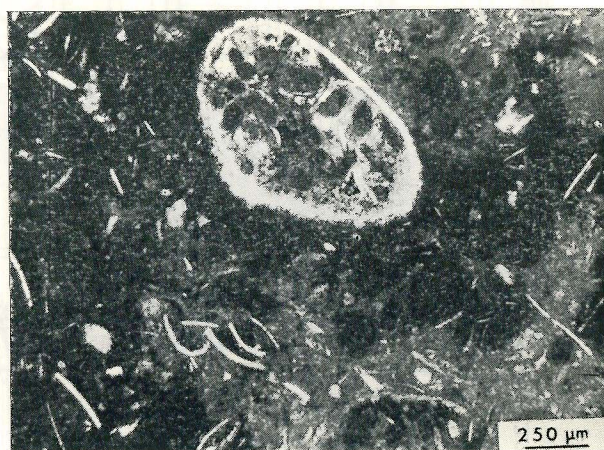


Figura 7.—Dolomía Terciaria. Aspecto general de la textura, mostrando algunos restos fósiles y notables variaciones de color en la matriz, relacionadas con procesos de removilización y dolomitización (N. C.).

Mineralógicamente es una dolomía calcárea de acuerdo con la observación microscópica y los análisis difractométricos, mostrando un porcentaje muy pequeño de filosilicatos. Como minerales accesorios se presentan opacos y óxidos de hierro.

En determinadas zonas se observan fisuras, las cuales son en parte responsables de la porosidad abierta del material, que puede situarse alrededor del 14 por 100.

#### 5. FORMAS DE ALTERACION DESARROLLADAS EN CADA MONUMENTO

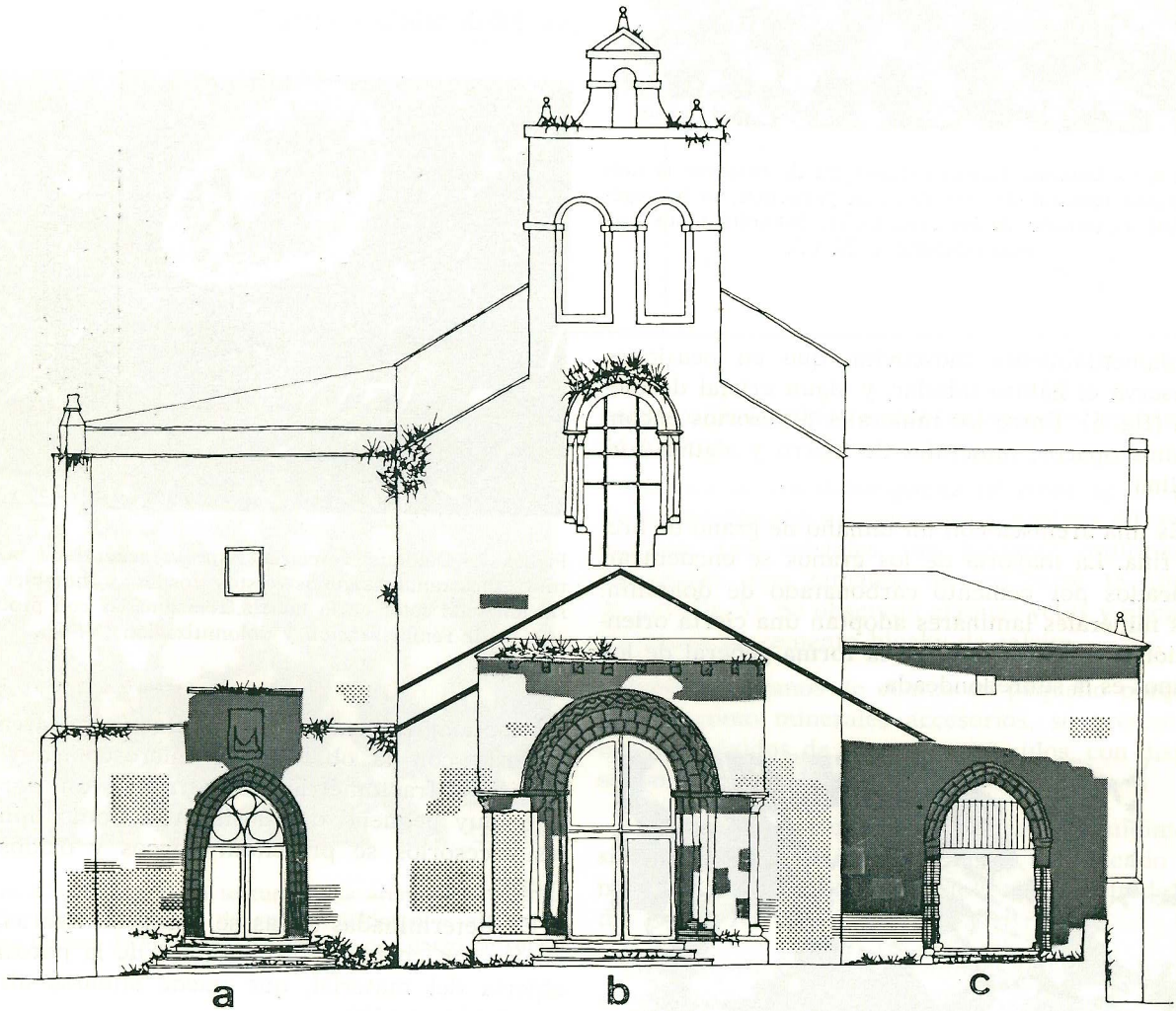
La descripción y análisis de las diversas formas de alteración resulta indispensable para definir



las diversas patologías presentes, así como los principales agentes que las han generado. A partir de estos conocimientos se podrán plantear, en un futuro, soluciones específicas, encaminadas a paliar o demorar la acelerada degradación a que se ven sometidos sus monumentos, en un ambiente agresivo como el de Avilés.

En todos los monumentos estudiados destaca el ennegrecimiento de sus fachadas y, en la Iglesia de los Franciscanos, además, el avanzado estado de deterioro de sus piedras de construcción.

En las figuras 8, 9 y 10 se esquematizan las principales patologías alterológicas presentes en cada una de las edificaciones.

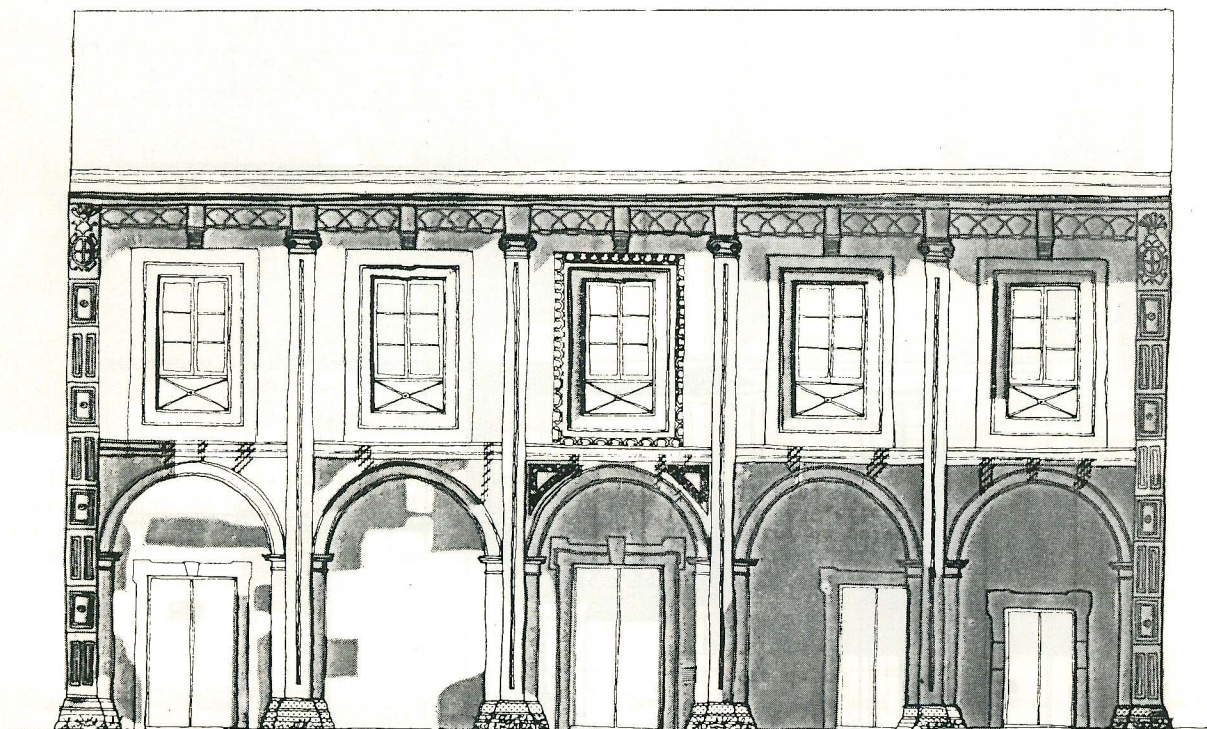


- ☒ Verdín y Plantas superiores.
- ▨ Alveolización.
- ▩ Burilado.
- ▧ Escoriaciones y Picaduras.
- Depósitos superficiales, Costras y Ennegrecimiento, Ampollas y Arenización.
- Desplacaciones.

TIPOLOGIAS ALTEROLOGICAS  
IGLESIA DE LOS FRANCISCANOS

Figura 8.—Localización de las diversas formas de alteración presentes en la fachada de la Iglesia de los Franciscanos.





- Verdín y Plantas superiores.
- Alveolización.
- Burilado.
- Depósitos superficiales, Costras y Ennegrecimiento, Ampollas y Arenización.
- Lavado.

TIPOLOGIAS ALTEROLOGICAS  
PALACIO LLANO-PONTE

Figura 9.—Localización de las diferentes formas de alteración en la fachada principal del Palacio Llano-Ponte.

*Iglesia de los Franciscanos*

En su fachada (fig. 8) —orientada al norte—, y en la zona «a», sobre el material dolomítico aparecen pátinas de ennegrecimiento, desconchaduras, depósitos superficiales y costras, asociadas en general a fenómenos de arenización (fig. 11). Esporádicamente, y en sitios muy localizados, destaca la presencia de ampollas.

La parte más baja exhibe un burilado intenso, pátinas de verdín y plantas superiores. En ellas es también patente la abrasión debida al viento y el desgaste por lavado de ciertas áreas, provocado éste por el deficiente drenaje del agua, consecuencia del mal estado de los desagües.

En las zonas «b» y «c» (fig. 8), en este caso sobre la arenisca, aparecen algunas desplazamientos y costras. En la parte baja también crece

verdín, musgos y plantas superiores. En algunos sillares, la mano del hombre ha dejado su patente huella, observándose escoriaciones, picaduras y burilado en las zonas más accesibles.

En varias partes de la fachada —zonas «b» y «a»— se observan sillares que presentan fenómenos de alveolización. Su ubicación y desarrollo puede relacionarse claramente con la estratificación que muestra la arenisca (fig. 12).

*Palacio Llano-Ponte*

La fachada presenta un ennegrecimiento generalizado. Dicho ennegrecimiento es más intenso bajo el alero y en la parte baja de las arcadas, y se continúa en la zona asoportada (fig. 9).





- ▣ Verdín y Plantas superiores.
- ▨ Escoriaciones y Picaduras.
- Desplacaciones.
- Depósitos superficiales, Costras y Ennegrecimiento, Ampollas y Arenización.
- ▣ Herrumbre.

TIPOLOGIAS ALTEROLOGICAS  
PALACIO FERRERA

Figura 10.—Localización de las diversas formas de alteración en la fachada de Palacio Ferrera.

En las columnas las partes más ennegrecidas son las zonas orientadas al oeste y sur, la cara este es la más limpia. En muchas áreas de dichas columnas, asociadas a la pátina de ennegrecimiento, se están generando costras. Cuando estas costras alcanzan un espesor suficiente se desprenden del sustrato, provocando desconchados, observándose arenización y pulverización de la roca primitiva.

La parte asoportada muestra el mismo ennegrecimiento que la fachada. Algunos sillares de los

situados en las esquinas de esta zona asoportada presentan un color más intenso, esto es debido a la tinción provocada por la migración del hierro lixiviado hacia la superficie.

Es de destacar el hecho de que en una de las columnas —debido al mal estado del canalón— circula continuamente el agua, con el consiguiente desgaste por lavado de la piedra. El basamento de esta columna muestra una pátina de verdín de espesor considerable, por ser una zona embebida





Figura 11.—Aspecto de la pátina de ennegrecimiento que presenta la dolomía de la Iglesia de los Franciscanos. La fotografía recoge una zona en la que el material, debajo de la pátina, está seriamente alterado, habiéndose generado desplazaciones importantes.



Figura 12.—Acanaladuras, fenómenos de abrasión y alveolos implantados en algunos de los sillares de la arenisca de la Iglesia de los Franciscanos. Obsérvese que la implantación de los alveolos está relacionada con la posición de los bloques y de sus planos de estratificación.

en agua de forma prácticamente continua (fig. 13). En toda la zona baja se puede apreciar una alveolización más o menos desarrollada.

En las puertas y en el muro interior, zonas accesibles al roce humano, se observa un ligero burilado.

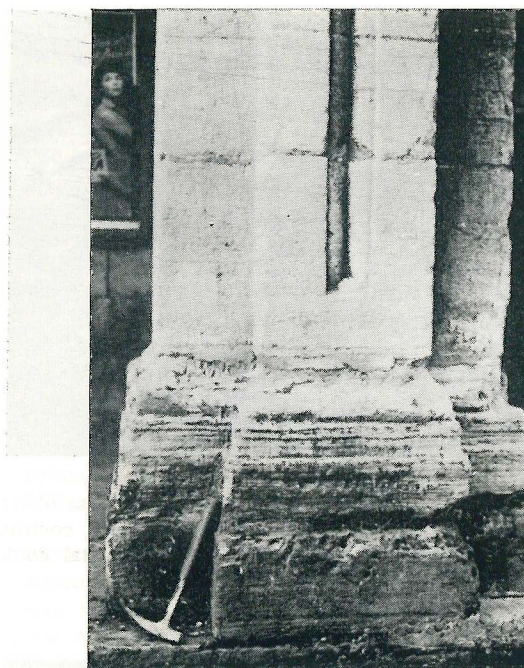


Figura 13.—Detalle de una de las columnas del Palacio Llano-Ponte. En ella se diferencia una parte superior en la que, por efectos del lavado la piedra está desgastada, pero muestra su color original. En la parte inferior además de alveolos y acanaladuras crece una pátina de musgo, la cual alcanza su apogeo en los meses más húmedos.

#### *Palacio Ferrera*

En general, el palacio presenta un aspecto muy ennegrecido. Destaca en este sentido todo el cuerpo inferior del edificio, debajo del voladizo de base de los balcones, la zona donde se sitúan los escudos y bajo el alero del tejado.

Junto a esta pátina de ennegrecimiento se presentan diversas formas de alteración (fig. 10). Así, en la fachada principal (orientada al norte) se observan varias pátinas de ennegrecimiento sobrepuestas, desplazaciones y costras (fig. 14). En las partes bajas hay pátinas de verdín y musgo, así como crecimiento de vegetales superiores.

Debajo de algunos balcones se observan pátinas de tinción debidas a óxidos de hierro, procedente de la herrumbre de los barrotos (fig. 15). También es de señalar que —por efecto del lavado— en algunos balcones ha desaparecido en parte la pátina de ennegrecimiento, con la consiguiente pérdida de material.





Figura 14.—En algunas zonas del Palacio Ferrera se observan, en sus areniscas, patinas de ennegrecimiento, costras, y desplazamientos más o menos sobreimpuestas, tal como muestra la fotografía.

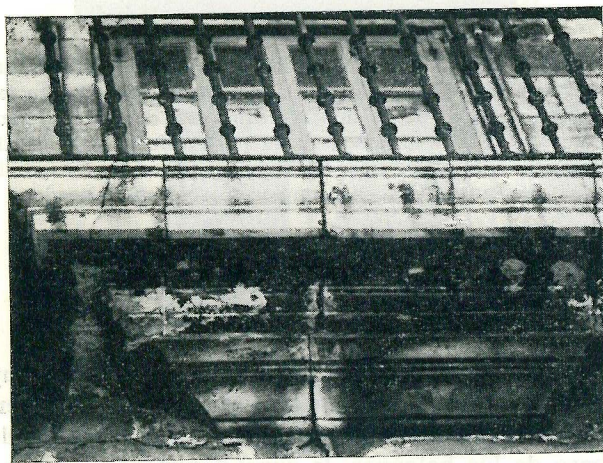


Figura 15.—Pátina de tinción por óxidos de hierro, procedente del herrumbre de los barrotes, en uno de los balcones del Palacio Ferrera.

La fachada lateral (orientada al noroeste) muestra las mismas formas de alteración que la principal, destacando además en ella algunos signos de alveolización.

## 6. PROCESOS DE ALTERACION

Los procesos alterológicos que han generado las formas de alteración descritas en el apartado an-

terior, obedecen a factores de carácter diverso: químicos, físicos y biológicos, los cuales han actuado en la mayoría de casos de forma combinada (DOMALOWSKI et al., 1982). La humedad y la contaminación ambiental han sido los agentes que han propiciado en mayor medida, la actuación de los factores antes mencionados, interviniendo con mayor o menor intensidad en todos los mecanismos de alteración.

Así, la humedad en forma de agua de lluvia, de gotas en suspensión, o como vapor ambiental, ha dado lugar a la disolución de las piedras monumentales de naturaleza carbonatada (caliza y dolomía), o de ciertas fases cementantes de las de naturaleza areniscosa. Esta disolución a veces se ha visto incrementada por el lavado superficial de determinadas partes de las edificaciones, con fácil escorrentía, lo que ha provocado un mayor desgaste de la piedra o su arenización y desagregación. Este mecanismo, bastante generalizado, se hace más patente en algunos edificios (por ejemplo en el Palacio de Llano-Ponte), sobre todo cuando el agua de lluvia es dirigida hacia ciertos lugares preferentes por algún fenómeno concreto (viento, canalizaciones, etc.).

Parte del agua de lluvia ha penetrado también en el interior de las piedras, circulando o ubicándose en su sistema poroso. Allí, el contacto íntimo y prolongado con los materiales rocosos ha favorecido su disolución y la formación de soluciones acuosas, más o menos saturadas o sobresaturadas. Cuando la humedad ambiental decrece, y es posible la evaporación del agua de estas soluciones, las sales disueltas se ven arrastradas hacia el exterior y depositadas en la superficie. Con el paso del tiempo se forman costras de desarrollo y espesor variables.

El  $\text{CO}_2$  procedente de la contaminación ambiental favorece y acelera este mecanismo de formación de sales. El  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$ , presentes en elevadas proporciones en el ambiente de Avilés, generan la lluvia ácida, la cual ataca las rocas carbonatadas según el proceso descrito. En este caso se producen costras de naturaleza sulfatada (yeso), extraordinariamente nocivas para las piedras de los monumentos (ESBERT y MARCOS, 1983).

También —favorecidas por la acción de la humedad— las partículas sólidas de contaminación (polvo, hollín, humos, etc.) se depositan y adhieren con facilidad sobre las piedras monumentales, for-



mando las pátinas oscuras, tan generalizadas en todos los edificios de Avilés. Por lo general debajo de estas pátinas oscuras, en muchos casos, se han desarrollado costras de naturaleza carbonatada o sulfatada.

Otras pátinas frecuentes son las de tinción. Están producidas por óxidos de hierro procedentes, en la mayoría de los casos, de la alteración de elementos metálicos de verjas y barrotes. El agua de lluvia lixivia estos óxidos de los metales y, al penetrar en la roca, tiñen de color pardo-amarillo las piedras de su alrededor. Estas pátinas pueden llegar a afeer el edificio de manera considerable, tal como queda patente en el Palacio Ferrera.

En la génesis de los alveolos, que de forma más o menos esporádica y persistente aparecen en dos de las edificaciones estudiadas (ver figs. 12 y 13), parece que juegan un papel decisivo las variaciones composicionales y texturales de las piedras sobre las que se implantan, así como la existencia en ellas de planos u orientaciones preferentes (estratificación, etc.). Entre las causas externas, la mayoría de autores (MUSTOE, 1982; PAULY, 1976a y 1976b), coinciden en asignar al fenómeno de cristalización de sales en las rocas un papel fundamental. La presencia de cloruros y sulfuros, frecuentes en una zona marítima contaminada como la de Avilés, junto con las variaciones de la humedad relativa, favorece la implantación de esta erosión alveolar. La orientación del edificio condiciona el desarrollo de la alveolización, acelerando o retardando la acción de los agentes alterológicos.

Los alveolos se localizan en diversos lugares, dentro de las dos edificaciones que los presentan, si bien en el Palacio Llano-Ponte aparecen preferentemente en las partes inferiores del monumento. Se piensa que, en este caso, parte de las sales que intervienen en su génesis provienen del suelo.

Finalmente, la implantación y desarrollo de organismos vegetales —verdín principalmente— se halla íntimamente relacionada con los fenómenos de ascensión capilar, los cuales suministran a la piedra el grado de humedad necesaria para el desarrollo de la vida de dichos organismos.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- BELIKOV, B. P.; ZALESSKII, B. V.; ROZANOV, Y. A.; SANINA, E., y TIMCHENKO, I. P. (1987): *Methods of studying the physico-mechanical properties of rocks*. Ed: B. V. ZALESSKII (Ed.), Physical and mechanical properties of rocks, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, pp. 1-58.
- BLATT, H. (1982): *Sedimentary Petrology*. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 564 pp.
- DOMALOWSKI, W.; KOZANECKA, J. K.; RUDY, M.; SOBKOWIAK, D., y SOLDENHOFF, B. (1982): *La conservation préventive de la pierre*. Musées et Monuments XVIII, UNESCO, 158 pp.
- GARRALDA GARCÍA, A. (1970): *Avilés, su fe y sus obras*. Imprenta Dr. Demetrus Cabo. Vic. Gral., Oveti, 9 sept. 1970, pp. 61-84.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1973): *Mapa geológico de España, E. 1:50.000, Hoja y Memoria 13 (Avilés)*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria. Madrid.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1973): *Mapa geológico de España, E. 1:50.000, Hoja y Memoria 29 (Oviedo)*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria. Madrid.
- ESBERT, R. M., y MARCOS, R. M. (1983): *Las piedras de la Catedral de Oviedo y su deterioración*. Editado por el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias, Gráficas Summa, S. A., 147 pp.
- MARÍN VALDÉS, F. A. (1981): *Avilés, Ciudad y Concejo*. Liño, Revista del Dpto. de Arte, núm. 2, Universidad de Oviedo, pp. 99-114.
- MUSTOE, G. E. (1982): *The origin of honeycomb weathering*. Geological Society of American Bulletin, 93, pp. 108-115.
- PAULY, J. P. (1976a): *Maladie alveolaire, conditions de formation et d'évolution*. En: Rossi-Manaresi (Ed.), The Conservation of Stone I, Proc. of Int. Symp., Bolonia, pp. 55-88.
- PAULY, J. P. (1976b): *Le role des chlorures dans les maladies alveolaire et descamante*. Proc. of the 2nd. Int. Symp. on the Deterioration of Building Stones, Atenas, pp. 79-81.
- SUÁREZ MARCOS, A.; AGUADO, C.; BERNAL, J., y RUIZ, B. (1985): *La contaminación atmosférica en Avilés. Resumen 1984*. Boletín de Información Medioambiental, Excmo. Ayuntamiento, núm. 5, pp. 17-62.

Recibido: Noviembre 1987.



