

ESTUDIO MINERALÓGICO-PETROGRÁFICO



COLUMNAS DEL CONVENTO DE LA CARIDAD

(ARCOS DE LA FRONTERA, CÁDIZ)

Departamento de Análisis

Diciembre, 2004

INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTÓRICO
Centro de Intervención en el Patrimonio Histórico

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN

II. MATERIAL ESTUDIADO Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS

III. RESULTADOS DEL ESTUDIO PETROGRÁFICO

III.1. Difracción de Rayos X

III.2. Microscopia Óptica. Descripción Petrográfica.

IV. CONCLUSIONES

ESTUDIO MINERALÓGICO-PETROGRÁFICO DE LAS COLUMNAS DEL CONVENTO DE LA CARIDAD, ARCOS DE LA FRONTERA (CÁDIZ)

I. INTRODUCCIÓN.

El presente informe se emite a petición de la Delegación de Cultura de Cádiz, para ser incluido en el estudio de valoración del estado de conservación de las columnas del convento de la Caridad mediante ultrasonidos, encargado al Dpto. de Construcciones Arquitectónicas de la E.T.S.A de Sevilla.

El objetivo del presente estudio es la caracterización del material pétreo que constituye las columnas y de los productos de alteración que aparecen, con el fin de establecer los parámetros intrínsecos que han podido influenciar en su estado.

Adicionalmente se ha realizado también el estudio petrográfico de muestras de piedra de la que se supone fue cantera de abastecimiento, para corroborar su origen.

II. TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y MATERIAL ESTUDIADO.

Las técnicas analíticas empleadas en el estudio han sido:

1. Difracción de Rayos X (DRX)

La DRX es una técnica que permite la identificación de los compuestos cristalinos (minerales) presentes en la muestra en estudio, triturando la muestra hasta obtener un polvo muy fino sobre el que se hace incidir un haz de rayos X que se difractan a ángulos concretos, característicos de los espaciados interatómicos de cada mineral. Esta técnica facilita el conocimiento cualitativo de la composición mineralógica del total de la muestra. La intensidad de los picos diagnóstico de cada mineral es proporcional a la cantidad de ese mineral en la muestra.

En el estudio mineralógico se ha empleado un Difractómetro Phillips 1410 con rejilla automática y monocromador de grafito con un tubo de anticátodo y las condiciones de excitación de 40 Kv y 20 mA, perteneciente al Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada.

2. Microscopia Óptica de Polarización (MOP)

Este método permite identificar minerales mayoritarios y minoritarios (no detectados con DRX) mediante sus propiedades ópticas, y además se puede realizar un *estudio petrográfico textural*, analizando en detalle la naturaleza de los elementos que constituyen los materiales, las formas y tamaños (absolutos y relativos) de dichos elementos, las relaciones mutuas entre ellos y sus abundancias relativas.

Para la observación de los materiales con esta técnica se requiere la preparación de láminas delgadas obtenidas por corte y métodos de abrasión.

Se ha empleado un microscopio petrográfico LEICA DMLP, con objetivos de 2,5x, 5x, 10x, 20x y 63x y con una videocámara acoplada para la captura de imágenes, perteneciente al Departamento de Análisis del IAPH.

A continuación aparece la **descripción de las muestras**, especificándose para cada muestra las técnicas analíticas empleadas en su estudio. Se ha empleado la misma numeración asignada a cada columna en el estudio realizado por la E.T.S.A.

CCA-1: Muestra de piedra extraída de la columna esquina SE.

Columna 7. *Técnicas:* DRX-MOP

CCA-2: Raspadura de material blanquecino que aparece entre nódulos (eflorescencias muy adheridas). Columna 6. *Técnica:* DRX

CCA-3: Raspadura de material de aspecto arcilloso entre nódulos, en

zona alterada. Material arcilloso-ferruginoso?. *Técnica:* DRX

CCA-4: Material de aspecto arcilloso en separación entre nódulos de otra zona de la columna. *Técnica:*DRX

CCA-5: Muestra de piedra de las canteras. *Técnica:* MOP

CCC-6: Muestra de piedra de las canteras. *Técnica:* MOP.

III. RESULTADOS.

III.1 Difracción de Rayos X.

Los resultados obtenidos con esta técnica para cada muestra se recogen a continuación:

CCA-1: esta muestra correspondiente a la piedra presenta una composición de prácticamente *calcita* es su totalidad. Aparecen indicios de *cuarzo*, y puede que filosilicatos (pico de muy baja intensidad).

CCA-2: esta muestra correspondiente a raspadura de eflorescencias se compone de *calcita* (80-90%) y *yeso* (10-20%)

CCA-3: Esta muestra correspondiente a raspadura de material de aspecto terroso existente entre nódulos presenta una composición de *calcita* (60-70%), *cuarzo* (10-15%) y *filosilicatos- arcillas* (10-15%). Los picos de los filosilicatos aparecen con muy baja intensidad, sólo se ha podido identificar de forma clara arcillas tipo *illita (minerales micáceos)*. No se ha podido establecer la existencia de minerales arcillosos tipo esmectitas (expansivos).

CCA-4: Esta muestra que también corresponde a depósitos de aspecto terroso presenta una composición mayoritaria de *cuarzo* (60-70%), *calcita*, algo de *dolomita*, y cantidades muy pequeñas de filosilicatos.

III.2 Descripción Petrográfica. Microscopia Óptica (MOP)

Se ha estudiado una lámina delgada de una muestra de piedra de las columnas y dos muestras pertenecientes a material de cantera con el fin de establecer si corresponden al mismo tipo de material. Tras su estudio se ha corroborado que efectivamente se trata del mismo tipo de piedra.

La roca corresponde a un *litotipo* calcáreo de ambiente deposicional marino pelágico. La textura global de la roca es de tipo cristalina-biclástica con un tamaño medio de grano muy fino (<0,1mm). La roca se caracteriza por presentar una estructura brechoide-nodulosa, constituida por nódulos de distinto tamaño que suponen superficies de discontinuidad, que en la mayoría de los casos presentan muy escasa separación o se encuentran selladas. Esta estructura favorece que los procesos de alteración progresen, preferentemente, a través de estas discontinuidades.

A continuación se realizará una descripción más detallada de cada muestra:

CCA-1

Las observaciones al microscopio permiten afirmar que la composición mineralógica es prácticamente de calcita en su totalidad, salvo pequeños granos de cuarzo y algunos radiolarios (silíceos).

La roca presenta *aloquímicos*, representados por bivalvos planctónicos muy finos, denominados "filamentos", muy comunes en lodos carbonatados de origen pelágico. También se observan pequeñas áreas circulares que corresponden a restos de radiolarios, que son otro tipo de microorganismos de caparazón silíceo, de los cuales sólo se conservan en muchos casos sólo los moldes reemplazados por calcita esparítica.

Los *terrígenos* son muy escasos, representados por granos de cuarzo aislados de tamaño muy fino.

El mayor volumen de la roca lo constituyen los *ortoquímicos*, concretamente lodo carbonatado, constituido por cristales de tamaño micrítico o microesparítico (< 20 : m).

En base a esto rasgos la roca texturalmente corresponde a una **biomicrita** (Folk, 1962).

Se observa al microscopio la existencia de microfisuras, en su mayoría sin separación o de separación muy escasa. En otras zonas esas microfisuras parecen más separadas por donde puede evolucionar la alteración de la roca.

En esta muestra las únicas deposiciones observadas en las discontinuidades abiertas han sido cristales o glomérulos de yeso. Este yeso también se ha identificado en la matriz de la roca, aunque de forma muy escasa.

CCA-5 y CCA-6

Las dos muestras estudiadas de las canteras son muy parecidas entre sí. Aunque se considera el mismo tipo de piedra que la muestra estudiada de las columnas presenta ciertas diferencias texturales. Está claro que pertenecen a la misma formación geológica pero corresponden a distintos afloramientos o zonas de extracción.

Las características globales son muy similares, correspondiendo igualmente a un sedimento carbonatado de origen pelágico, pero en el que los restos de "filamentos" o bivalvos planctónicos son mucho más abundantes.

Otra característica es que presenta en la matriz yeso en forma de nódulos en proporciones mayores a la de las columnas, lo que confirma el origen intrínseco a la piedra de esta sal. También existe mayor proporción de recristalizaciones esparíticas y mayores concentraciones en óxidos de Fe.

Se observan también microfisuras de brechificación, en su mayoría selladas con

calcita esparítica, pero en otros casos aparecen separadas sin material de relleno.

En el anexo I aparecen algunas de las imágenes obtenidas con el microscopio óptico de las muestras descritas.

IV. CONCLUSIONES

Las columnas del convento están elaboradas con un material pétreo considerado como una roca *caliza de textura microcristalina y estructura nodulosa-brechoide*. La piedra se constituye de nódulos compactos de material micrítico, de tamaños variables, siendo los límites de estos nódulos, superficies que cuando se encuentran separadas constituyen microfisuras.

Todos estos rasgos petrográficos se consideran intrínsecos al material, presentes en su afloramiento natural, de probable origen tectónico y que ocasionó brechificación de los materiales. En su estado original, y en cantera, la roca es mucho más compacta, sin apenas separación en las discontinuidades, debido a la presión de confinamiento a la que se encuentra sujeta, además de que las alteraciones sólo se producirán en las zonas más superficiales.

En estas separaciones existen en algunos casos acumulaciones de material residual de tipo arcilloso, con cuarzo y filosilicatos fundamentalmente, que por efecto de los sucesivos lavados han podido perderse en las columnas.

En otros casos se ha encontrado yeso rellenando las fisuras, que también se ha observado en forma de eflorescencias en las columnas. Se ha comprobado que el origen del yeso es intrínseco al material, observándose incluso en mayor abundancia en las muestras estudiadas de cantera. Este yeso puede haber contribuido a la alteración del material pétreo, aunque se supone que con escasa repercusión global.

La estructura brechoide que presenta la piedra provoca que los fenómenos de

alteración progresen fundamentalmente a través de las superficies de discontinuidad entre ellos (de ahí la alteración tan característica que presenta) ya que son las zonas más débiles de la piedra y se habrán visto más afectadas por todos los agentes y procesos de alteración externos: entrada de agua y humedad, posibles sales, cambios térmicos por insolación, etc.

En principio, el problema que presentan las columnas no se puede considerar como un exceso de cargas, ya que el esfuerzo a compresión que soportan no es muy elevado, aunque puede haber contribuido de algún modo a la separación de las fisuras del material, junto a otros procesos químicos o físicos, especialmente en las grandes fisuras de disposición longitudinal, que aparecen en algunas columnas.

A este respecto hay que apuntar la posibilidad de que esas direcciones coincidan con la de los lechos de estratificación naturales de la piedra, que suponen otra discontinuidad natural y una debilidad añadida del material. Es frecuente en extracciones de bloques de piedra en cantera, el hacerlo en paralelo a dichos lechos ya que se facilita su extracción. Sin embargo, una vez puestas en obra si estas discontinuidades se disponen de forma perpendicular a los esfuerzos suponen debilidades mecánicas.

En referencia a la profundidad que pueden alcanzar las fisuras o juegos de fisuras, especialmente las longitudinales, que resultan las más preocupantes, señalar que todo apunta a que se iniciaran desde el exterior al interior, ya que no se estima un origen por sobrecarga. Sin embargo, una vez iniciado el deterioro por la cara externa de las columnas las características mecánicas de la piedra se pueden haber visto mermadas y provocar una evolución de las fisuras hacia el interior.

ANEXO I: Imágenes al Microscopio Petrográfico



Fig 1. CCA-1. Aspecto global textura lodo carbonatado, filamentos y radiolarios. Objetivo 5x

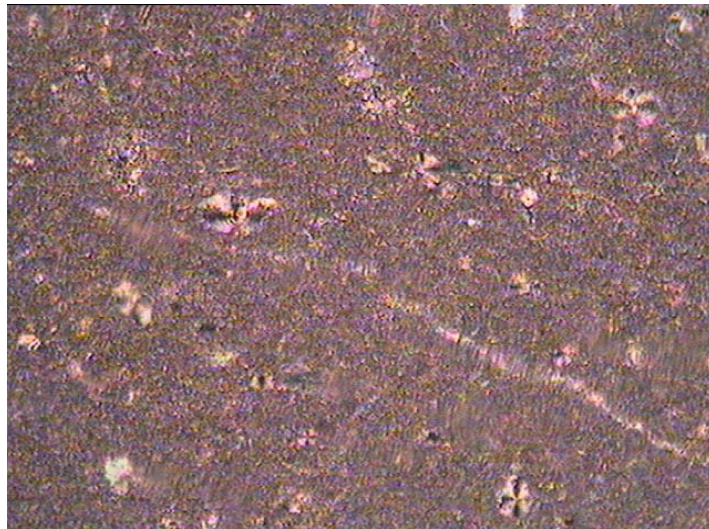


Fig. 2. CCA-1. Lodo carbonatado micrítico, radiolarios y microfisura sellada. 10x



Fig.3. CCA-1. Aspecto de una fisura abierta con precipitación de yeso. 10x

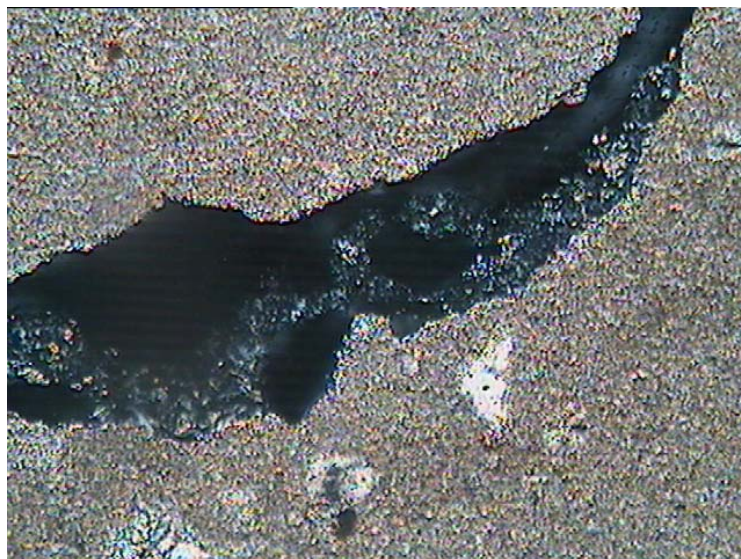


Fig. 4. CCA-1. Detalle de la anterior. 20x

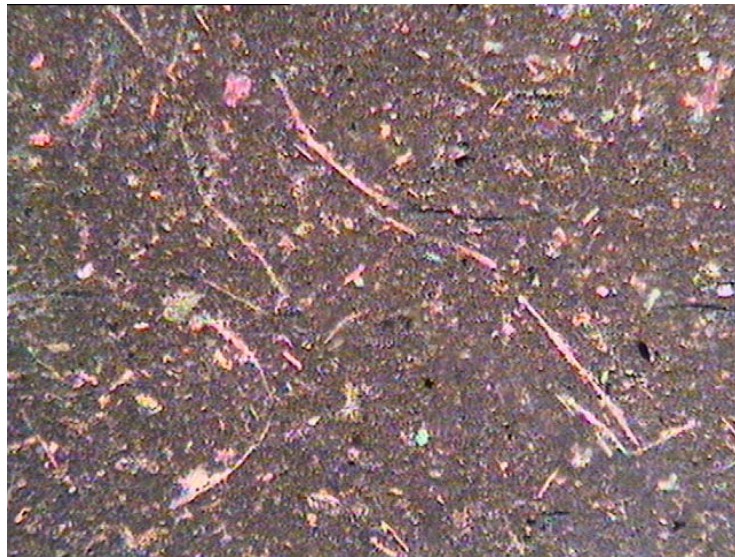


Fig. 5. CCA-5. Aspecto global de la muestra de cantera. Mayor proporción de filamentos. 5X



Fig. 6. CCA-5. Aspecto de una microfisura sin material que selle su interior. 5x

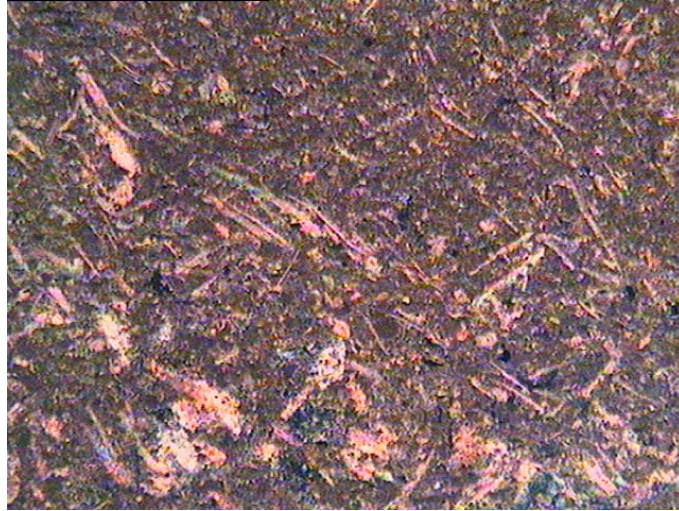


Fig. 7. CCA-6. Aspecto global. Mayor abundancia de filamentos y recristalizaciones esparíticas. 5x

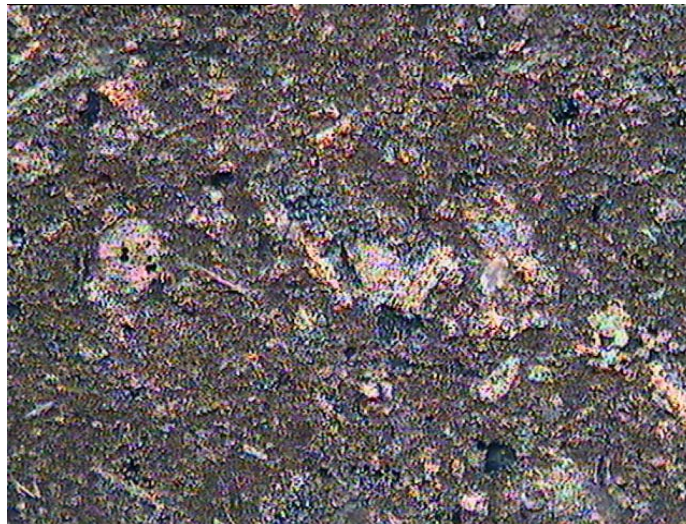


Fig. 8. CCA-6. Recristalizaciones esparíticas y glomérulos de yeso en la matriz. 10x

EQUIPO TÉCNICO:

Análisis Mineralógico-Petrográfico

Jesús Espinosa Gaitán

Geólogo.

Empresa Pública de Gestión de Programas Culturales

Sevilla, 20 de Diciembre de 2004

**Vº Bº JEFE DEL CENTRO DE INTERVENCIÓN
EN EL PATRIMONIO HISTÓRICO**



Fdo.: Lorenzo Pérez del Campo