

CONGRESO INTERNACIONAL DE RESTAURACION

"RESTAURAR LA MEMORIA"

Arqueología, Arte y Restauración

VALLADOLID

© De los textos e imágenes
Los Autores

© De esta edición
JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN
Consejería de Cultura y Turismo

I.S.B.N. 84-9718-360-6
Depósito Legal: S. 144.-2006

Imprime: Gráficas VARONA, S. A.
Polígono «El Montalvo», Parcela 49
37008 Salamanca

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

INTERVENCIONES EN LA PORTADA DE SAN AGATÁNGELO DE LA BASÍLICA DE SANTA MARÍA EN ELCHE. ESTUDIO DE LOS MATERIALES PÉTREOS Y LOS TRATAMIENTOS APLICADOS

M. LOUIS CERECEDA - *CSIC-Universidad de Alicante*

J. F. DÍAZ EGIDO - *Empresa Edycon*

J. A. HUESCA TORTOSA - *Universidad de Alicante*

R. PRADO GOVEA - *Universidad de Alicante*

Y. SPAIRANI BERRIO - *Universidad de Alicante*

A. SERRANO BRU - *Universidad de Alicante*

M.^a A. GARCÍA DEL CURA - *CSIC-Universidad de Alicante*

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se hace una breve descripción de los estudios previos y las obras realizadas con el fin de restaurar la Portada de san Agatángelo de la Basílica de Santa María de Elche (figuras 1 y 2). Las obras han sido promovidas por la Consellería de Cultura de la Generalitat Valenciana, y el proyecto realizado por D. Antonio Serrano Bru. De la fase de estudios previos se ha encargado la Universidad de Alicante, ejecutando las obras la empresa Edycon y dirigiendo las obras D. Antonio Serrano Bru y D. Antonio Alonso.

2. ESTUDIO HISTÓRICO ARQUITECTÓNICO

La Basílica de Santa María de Elche se sitúa en el centro de lo que fue la villa murada medieval, sobre los restos de la antigua mezquita, convertida en 1265 en templo cristiano, que fue sustituido en dos ocasiones (siglos XV y XVI) hasta llegar a 1672, año en el que F. Verde proyectó el templo actual.

Su planta es de cruz latina por lo que se organiza en una sola nave dividida en cuatro tramos, con capillas laterales entre los contrafuertes y conectadas entre sí, encontrándose después el crucero y la girola semicircular que se comunica con la capilla de la comunión. En su construcción intervinieron numerosos arquitectos como P. Quintana (1674-1678), J. Fauquet (1681-1719) realizando el crucero y la girola, fray F. Raimundo (1720-1727) que ejecutó la cúpula, M. Evangelio (1754-1767) constructor de la mayor parte del templo, L. Chápuli (1783) que construyó la capilla de la comunión y J. González de Coniedo (1783).

La portada de San Agatángelo fue realizada por Nicolás Bussi y está situada en el muro del Evangelio. Está organizada a partir de un hueco rematado por un arco de medio punto flanqueado por dos pares de semipilastras de fuste moldurado, que sostienen un entablamento corrido. El friso tiene un escudo centrado y ménsulas que aparentan sostener la cornisa. El segundo cuerpo se levanta sobre el anterior con un basamento corrido y está formado por una hornacina rectangular con marco de hojarasca

y hueco en arco de medio punto. En los laterales aparecen semipilastras y pirámides con bolas y en el remate un frontis curvado partido, con una escultura encima.

El material empleado en su ejecución fue piedra en sillería vista.

3. ESTADO DE CONSERVACIÓN

Todos los elementos líticos del pórtico han sufrido importantes alteraciones que le han provocado una degradación progresiva y manifiesta.

El agua es con mucho el elemento de mayor incidencia en los fenómenos de degradación que se manifiestan, habiéndose producido bien por acción directa de la lluvia, con disoluciones parciales o totales en el material, transporte de los elementos en disolución y precipitaciones de sales, o indirecta, actuando como vehículo que transporta contaminantes, y medio en el que se desarrollan reacciones químicas, procesos fisicoquímicos y desarrollo de seres vivos.

En atmósferas contaminadas, como la que nos ocupa, con productos sulfurosos provenientes de la combustión de hidrocarburos, se producen sales muy solubles (sulfatos de magnesio), que forman eflorescencias y subeflorescencias salinas que han debilitado y destruido parte de su estructura provocando fisuras, exfoliaciones y grietas que en algunos casos llegan a fraccionar los bloques escultóricos.

Uno de los problemas más graves que se presenta es el ataque de ácidos provenientes de la contaminación atmosférica, concretamente de los ácidos que en su mayoría se forman al combinarse el agua de lluvia con el azufre desprendido en la combustión de los hidrocarburos utilizados como combustible para el transporte y la calefacción.

Estos ácidos corroen la piedra ubicada en las partes superiores expuestas a la lluvia, actuando sobre el cementante convirtiendo su composición en sulfato cálcico, que es parcialmente soluble en agua. Estos tipos de material pétreo al perder el cemento que une los granos de áridos entre sí se disgregan y arenizan, causando una erosión que llega a deformar gravemente las partes superiores de las tallas, llegando incluso a la pérdida de algunos elementos.

Debido a esta reacción química el sulfato cálcico es arrastrado por el agua de lluvia y depositado junto a carbonillas y partículas contaminantes en las zonas bajas y protegidas del agua llegando a formar costras ennegrecidas muy peligrosas para la conservación de la piedra.

Estas costras cuando tienen el suficiente espesor se desprenden arrancando unos milímetros de materia pétreo, descarnando la roca y dejándola sin defensa hasta la siguiente formación de costra, repitiéndose el proceso hasta la disgregación total.

Este proceso de degradación es debido a la ubicación del monumento por el aumento del tráfico rodado en su entorno con el resultado de la pérdida de masa pétreo en la superficie de las zonas más directamente expuestas a la lluvia y su consiguiente transformación en costra.

Otro problema a destacar, es el biodeterioro, apareciendo algas azules sobre todo en las partes superiores, así como la colonización de líquenes nitricantes, musgos y plantas superiores. Al no haberse tratado adecuadamente la piedra seguirían regenerándose, si no se adoptan las medidas correctoras.

El deterioro que producen las algas es simplemente estético, ya que éstas manchan la obra cromáticamente aunque no dañan la roca. Suelen ser sin embargo la primera colonización que da lugar al asentamiento posterior de líquenes nitrificantes, los cuales se alimentan de la roca disolviéndola mediante la segregación de ácidos. Estos líquenes no pueden fijarse a la roca sin la primera aparición de las algas dando base para la fijación de musgos y plantas superiores.

Otros ataques biológicos percibidos son, los debidos por una parte a la acumulación de deposiciones de los pájaros con un alto contenido en nitratos y ácidos digestivos (ácido clorhídrico y ácido fosfórico), y por otra a las acumulaciones de tierra y polvo en los fallos estructurales que aportan humedad y ataque salino y biológico mediante un efecto de esponja.

En general hay multitud de grietas y fisuras originadas por los cambios bruscos de temperatura y por otros comportamientos físico-químicos de los materiales.

4. ESTUDIO DE LOS MATERIALES PÉTREOS

Previo al inicio de los trabajos se han realizado una serie de pruebas, para determinar la naturaleza exacta de los materiales líticos y metálicos, composición química y posibles compatibilidades con los materiales que se utilizarán en las intervenciones, de todos los tratamientos y productos a utilizar frente a la humedad y los agentes contaminantes se han realizado además una serie de ensayos en laboratorio: y pruebas «in situ» con diferentes métodos de limpieza, microproyecciones con abrasivos y láser.

Toda la portada se encontraba realizada originariamente con una calcarenita de grano fino muy porosa con abundantes globigerínicos y algo de glauconita. Desde el inicio de las restauraciones más reciente fechadas en 1973 (dirigidas por el arquitecto Serrano) se han ido sustituyendo algunas piezas muy deterioradas por una calcarenita similar a la original aunque con fósiles más variados (variedad de Piedra Bateig).

Las muestras extraídas de la portada han sido analizadas mediante microscopio petrográfico y microscopio electrónico de barrido. La muestra obtenida del fragmento de la arcada es una piedra blanca en observación visual. Se trata de una Calcarenita, más concretamente una Biocalcarenita, Biomicrita. Está formada por foraminíferos, fragmentos de equinodermos y de algas rojas. Como pasta tiene micrita y algo de cemento esparítico asociado a los fragmentos de equinodermos (cemento marginal de recrecimiento sintaxial). Solamente algunos poros están parcialmente tapizados de microcristales de calcita. Presentando porosidad interpartícula (figura 3).

En su composición mineralógica aparece como componente mayoritario la Calcita (98%), como componente minoritario el Cuarzo (2%), y como minerales accesorios la glauconita y dolomía.

La muestra obtenida del lienzo de fachada es una calcarenita de grano muy fino. Más exactamente una Biocalcarenita. Biomicrita. Está constituida principalmente por globigerínidos y esferulitos, contiene otros foraminíferos de pequeño tamaño, radiolarios y espículas de esponja. Presenta algo de cuarzo de tamaño aleurítico (64-4µm) y glauconita rellenando algunos foraminíferos, así como indicios de cemento síliceo criptocristalino. Porosidad Interpartícula e intrapartícula muy abundante (figura 4).

En su composición mineralógica aparece como componente mayoritario la Calcita (98%) y como componentes minoritarios el Cuarzo (1%) y glauconita (1%), y como minerales accesorios apatito, micas y opacos.

La muestra obtenida del zócalo de la fachada externa, junto a la basa izquierda. Es una calcarenita de grano grueso. Tipo Biocalcarenita –Biomicroita.

Muchos de los fósiles superan los 2 mm por lo que la roca podría llamarse biomirudita. La selección de los fósiles y fragmentos de fósiles es mala. Los fósiles predominantes son los briozoos, también contiene abundantes restos de equinodermos, así como algunos foraminíferos, fragmentos de moluscos y de algas rojas. Contiene algunos terrígenos de tamaño aleurítico (4-64 µm). Porosidad interpartícula y algo intrapartícula.

En su composición mineralógica aparece como componente mayoritario la Calcita (98%) y como componente minoritario el Cuarzo (2%), y como minerales accesorios la glauconita, dolomía opacos, minerales de arcilla y feldespato.

La muestra pétreo de la basa izquierda contiene restos de pátina de la fachada. Es una calcarenita de grano fino tipo Boicalcarenita – Biomicroita. Constituida básicamente por foraminíferos, principalmente globigerínidos. También se observan esferulitos y espículas de esponja. Contiene del orden de un 10% de detríticos de tamaño arena: cuarzo, fragmentos de rocas: sílex, metacuarcita, dolomía. Glauconita en masas y rellenando foraminíferos.

En su composición mineralógica aparece como componentes mayoritarios la Calcita (87%) y cuarzo (10%) y como componentes minoritarios minerales de arcilla (2%) y glauconita (1%), y como minerales accesorios la dolomía opacos, micas y feldespato.

5. INTERVENCIONES REALIZADAS Y PROCESO DE TRABAJO

Las intervenciones realizadas han intentado ser ante todo respetuosas con el edificio, siguiendo el criterio de mínima actuación sustitutiva de elementos originales. Se han restituido tan sólo aquellos volúmenes necesarios para proteger la propia portada como es el caso de las cornisas superiores, así como aquellos elementos que habían desaparecido e impedían la correcta lectura de la portada y de los cuales documentación histórica.

En la obra han intervenido maestros canteros, cuyo trabajo ha consistido en la elaboración de sillares y piezas labradas y restauradores que se han encargado de las consolidaciones, extracciones e inhibiciones de sales, adecuaciones cromáticas, protecciones, etc.

Se ha realizado un seguimiento fotográfico con fotos de luz normal, macrofotografías, del estado inicial de conservación, intervenciones y estado final, así como del lugar donde se han tomado las diferentes muestras para realizar los ensayos.

Las actuaciones realizadas más importantes, las enumeramos a continuación.

Formación de las molduras del frontón.

Formación y restauración de las molduras y ménsulas de las cornisas.

Restauración de las base de los pilares.

Substitución de ciertos sillares.

Limpiezas y rejuntados.

Restauración de las esculturas.
Colocación de un sistema protector antipalomas.

5.1. Intervenciones previas

Tratamiento Biocida

Se ha aplicado un algicida, un fungicida y un herbicida hormonal para facilitar la limpieza mecánica y como prevención de posteriores apariciones de algas, líquenes, musgos y plantas superiores, empleándose naftenato de tributilestaño y sales de amonio cuaternarias.

Preconsolidación

Este tratamiento se ha aplicado únicamente en lugares donde el estado de conservación de la roca no resistía mecánicamente la aplicación de tratamientos como limpieza, cosido estructural, etc.

La preconsolidación ha consistido en la inyección de poliacetato de polivinilo en grietas y fisuras con peligro de desprendimientos y de la impregnación a una capa de un consolidante general, a partir de éster de ácido de sílice, para aumentar la resistencia de la roca a la abrasión, a la presión etc. y evitar así la pérdida del volumen original de la obra.

Saneado de la zona de actuación con cajeadado

El saneado de las zonas se ha realizado de forma mecánica por medio de radial, maceta, cortafíos, gradina y cincel. Se han eliminado los morteros inadecuados y piedra deteriorada hasta llegar a la cota de piedra en buen estado para proceder a la colocación de los sillares.

Toma de datos «in situ» comprobaciones y mediciones, plantillas, etc.

Para proceder a los trabajos de cantería en taller especializado, se han realizado una serie de comprobaciones y mediciones utilizando escuadras compás de varas, cintas métricas, gramiles, plantillas, plomadas, etc.

Extracción e inhibición de sales

Previamente a la colocación de las nuevas piezas de cantería se ha procedido a la extracción de las sales solubles mediante emplastos de celulosa (arbocel BC1000) y agua destilada previa consolidación con poliamida (Calatón C.A.) para la eliminación de estas sales se han añadido en los emplastes anteriores EDTA o bicarbonato de amonio o sodio.

La inhibición de sales (eflorescencias) se ha realizado con tecosel.

5.2. Limpieza

Limpieza mecánica

Ha consistido en la eliminación de algas, líquenes, deposiciones, acumulaciones de tierra, etc.; mediante cepillos de raíz o nylon suave que no dañen la roca, ayudándose de bisturí en las zonas donde eran más resistentes. La eliminación de costras, tanto carbonatos (marrón), sulfatos (negra), se ha realizado mediante tornos de dentista y microabrasímetro dental.

Limpieza química

Se ha realizado este tipo de limpieza química de forma generalizada en zonas sucias y costras delgadas, zonas muy deterioradas, mediante la aplicación de papetas de AB-57, tensioactivos con PH comprendido entre 7-8 y diluidos a no más de 5% en agua o jabones neutros, etc.

Posteriormente se ha procedido a neutralizar los productos químicos, ya que si siguen activos pueden alterar la piedra.

5.3. Reintegración volumétrica y rejuntado

En el pórtico se han empleado diferentes técnicas. En aquellas zonas que presentaban un grado de deterioro muy alto (cornisas y molduras del frontón), se procedió a la realización de un molde en escayola con posterior reproducción en hormigón armado y anclado con varillas de acero y resina epoxídica (figura 5 a 8).

El resto de faltantes se han sustituido con piedra de características similares a la original y para pequeños faltantes se ha utilizado un mortero pétreo hidráulico (Parrot mix 4)

Las diversas juntas que perdieron el mortero original, se han restituido por un mortero formado a base de cal grasa y arena de río.

Ajustado de piezas «in situ» por un oficial de cantería

Durante los procesos de labra, el cantero ha ido sometiendo cada pieza a una serie de comprobaciones o controles que aseguren la corrección del trabajo, ajustándose a la forma y medidas exactas a pie de obra. Estas comprobaciones son imprescindibles para conseguir un acabado perfecto y correcto de las piezas labradas.

Adecuación cromática

Dada la gran diferencia cromática entre los pétreos existentes y los restituidos, se ha optado por aplicar una patina superficial mediante pigmentos naturales a base de un aguacal y tierras minerales. Solamente se ha aplicado sobre las reproducciones

y elementos líticos nuevos que han perdido la pátina y no poseen adecuación cromática respecto al conjunto escultórico, dando a todo el conjunto una visión cromática estética homogénea, formando una película protectora de agentes externos y contaminantes.

5.4. Consolidación

Se ha realizado en dos fases:

Primero se han consolidado grietas y fisuras mediante resinas epoxídicas con carga tixotrópica o sin ella, dependiendo de la profundidad y el tamaño de dichas discontinuidades.

La consolidación general se ha realizado mediante éster de sílice (silicato de etilo) en suspensión con hidrocarburo, aplicado por impregnación. Se ha realizado únicamente en las zonas que lo precisaban para aumentar la resistencia mecánica perdida en superficie, creando una red cristalina de partículas de sílice resistente a los ácidos contaminantes y restituyendo el cemento perdido. Con este tratamiento se ha conseguido suficiente transpirabilidad, efectuándose tres aplicaciones con 2 lts/m², y con un intervalo entre ellas de 24 horas.

5.5. Tratamiento de hidrofugación

Se ha llevado a cabo mediante aplicación por aspersión de un producto hidrofugante. Exactamente se ha empleado Tegosivin, a base de un hidrocarburo alifático, tipo White Spirit, siliconado al 9 %, hidrófugo al agua, que según el resultado de los análisis, era el más adecuado. Con este tratamiento se evita la absorción del agua de lluvia por parte de los elementos pétreos, tanto originales como reproducciones, eliminando tanto la posibilidad de reacción química que ella acarrea como la solubilización de sales, la acidez, la heladicidad, la humectación (fundamental para el ataque biológico), la precipitación de costras, etc. También posee una cierta protección contra agresiones externas (erosión eólica, rayos ultravioletas, etc.)

Esta hidrofugación permite en todo caso la permeabilidad de la roca a los gases, pero no a los líquidos, tolerando así la evaporación de ésta pero no la penetración al interior, con los problemas de conservación que ello acarrea.

6. ESTUDIO DE LOS TRATAMIENTOS HIDROFUGANTES

Se ha realizado un estudio comparativo entre diferentes hidrofugantes, someténdolos a ensayos de envejecimiento, sobre materiales procedentes de piezas que han sido sustituidas.

En los ensayos se han utilizado dos productos comerciales:

Hidrofugante BROD-79

Tegosivin (Goldsmith)

La aplicación de los productos hidrofugantes se ha realizado mediante nebulización, puesto que es la metodología habitual para su aplicación en obra. De esta

forma se reproduce de la forma más real posible el efecto de su aplicación en la Restauración.

Se han realizado dos tandas de ensayos, en la primera de ellas se ha aplicado el producto en sucesivas aplicaciones hasta un total de 6 y en la 2ª el nº de aplicaciones ha sido de 8. El producto se aplica en disolución acuosa.

Se han tratado probetas de dimensiones prefijadas, concretamente han sido cubos de 6 cm de arista. Se han tratado únicamente las dos caras exteriores, para su comparativa con el tratamiento de un sillar de la fachada.

Estas probetas se han sometido posteriormente a un ensayo de alteración acelerado, cuyo objetivo es reproducir la degradación que sufrirá el material una vez colocado en obra, por efecto de variaciones climáticas y exposición a la luz solar.

En cada muestra se han tomado dos medidas correspondientes a dos posiciones; cada una de esas medidas es la media de tres medidas realizadas mediante el colorímetro, puesto que es el modo de operación propio de este equipo.

El hidrofugante que ha presentado una mejor respuesta al envejecimiento ha sido el Tegosivin (Goldsmith), material que finalmente se ha adoptado para el tratamiento de la fachada. El hidrofugante se ha utilizado en la cara expuesta de los sillares y en una cara interna no expuesta, y en material de sustitución. Los distintos tratamientos se han aplicado por nebulización. Las probetas tratadas se han sometido a 15 ciclos de 24 horas en las siguientes condiciones: 12 h a 40°C y 80% de humedad relativa, 12h a 10°C y 60% de humedad relativa.

Además, durante cada uno de los ciclos las probetas han sido irradiadas durante 8 horas con luz UV (300-800 nm), producida por una lámpara de Xenon, con un filtro de UV. Este ensayo se ha realizado en una cámara climática Vötsch VC 4033 con un equipo Suntest CPS. Para la evaluación del ensayo se ha medido la variación del color sobre las superficies de las muestras. Sobre cada una de las muestras se ha realizado la determinación de las coordenadas cromáticas utilizando un Colorímetro MINOLTA CR-300. Las variaciones cromáticas producidas por la aplicación del Tegosivin y su posterior envejecimiento pueden verse en la tabla 1.

Tabla 1

Materiales	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>B</i>
(a) sin tratar	74,08 ± 0,02	0,84 ± 0,04	14,57 ± 0,12
(a) tratado con Tegosivin	72,54 ± 0,11	1,97 ± 0,08	17,10 ± 0,05
(a) tratado y envejecido	73,43 ± 0,14	1,71 ± 0,06	16,88 ± 0,02
(b) sin tratar	78,88 ± 0,27	0,60 ± 0,03	15,55 ± 0,13
B (b) tratado con Tegosivin	72,80 ± 0,30	1,12 ± 0,10	19,19 ± 0,04
(b) tratado y envejecido	75,10 ± 0,11	0,75 ± 0,02	18,12 ± 0,01

7. CONCLUSIONES

La Portada de San Agatángelo, uno de los elementos arquitectónicos más destacables de la Basílica de Santa María de Elche, presentaba tal grado de alteración en sus materiales pétreos que hacía necesaria una intervención urgente.

La piedra utilizada en la realización de la portada de San Agatángelo fue una biocalcarenita, de grano medio y alta porosidad, posiblemente obtenida de las canteras próximas a la ciudad de Elx ya que es muy similar a otras piedras utilizadas en la arquitectura local.

Las intervenciones realizadas, previo estudio y análisis del estudio de los materiales, y las causas de su alteración, han dado los resultados buscados, recuperando su aspecto externo así como las características físicas y mecánicas.

Los tratamientos con hidrofugantes son muy efectivos al conseguirse altos niveles de hidrorrepelencia. El comportamiento en el tiempo de los productos empleados, medido por la variación del color, se puede considerar correcto sin que se produzca un envejecimiento apreciable.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ESBERT, Rosa María; ORDAZ, Jorge; ALONSO, F^o Javier, MONTORO, Modesto; GONZÁLEZ LIMÓN, Teresa y ÁLVAREZ DE BUERGO, Mónica, *Manual de diagnosis y tratamientos de materiales pétreos y cerámicos*. Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona. 1997.
- GÓMEZ, M^a Luisa, *La Restauración. Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Edición Cátedra, cuadernos de arte, 1998.
- LAZZARINI, L. and LAURENZI, M., *Il restauro della pietra*. Cedam. Padova, p. 307. 1986.

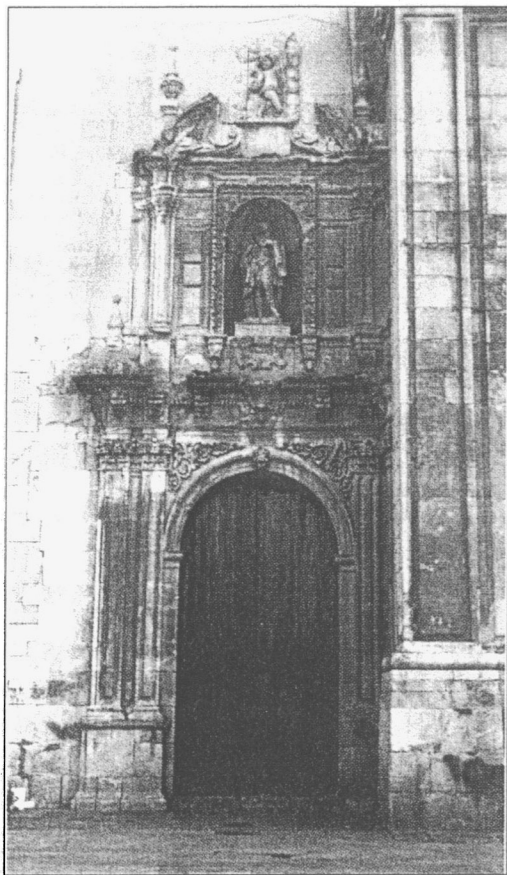


Fig. 1. Portada De San Agatángelo antes de su restauración.

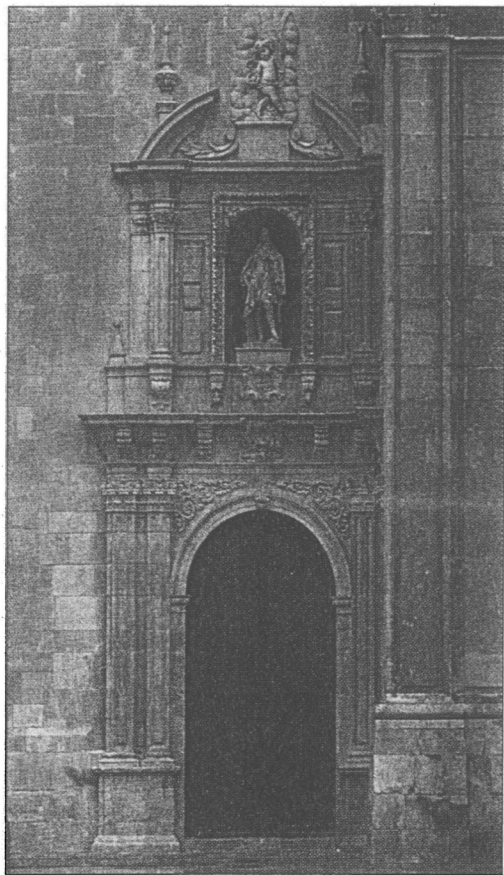


Fig. 2. Portada De San Agatángelo tras su restauración.

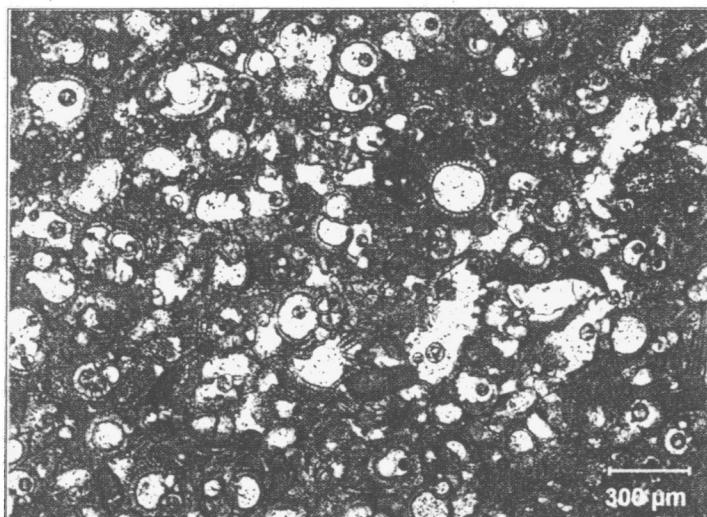


Fig. 3. Observación en lámina delgada de las 1ª muestra de Biocalcarenita.

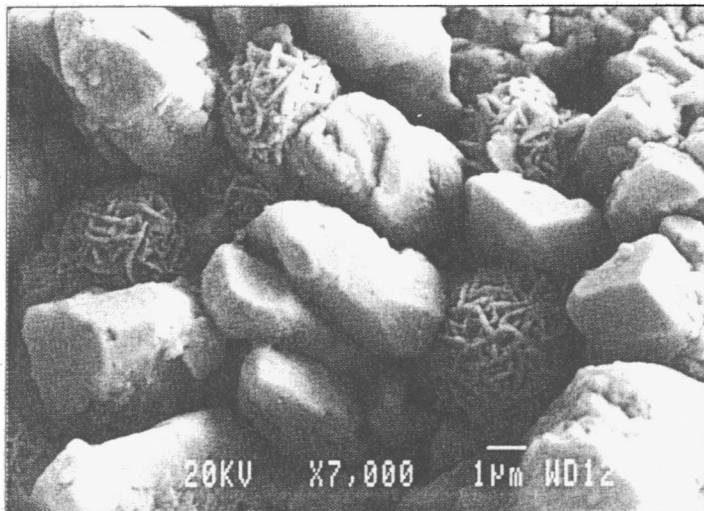


Fig. 4. Observación al MEB de la biocalcarenita.

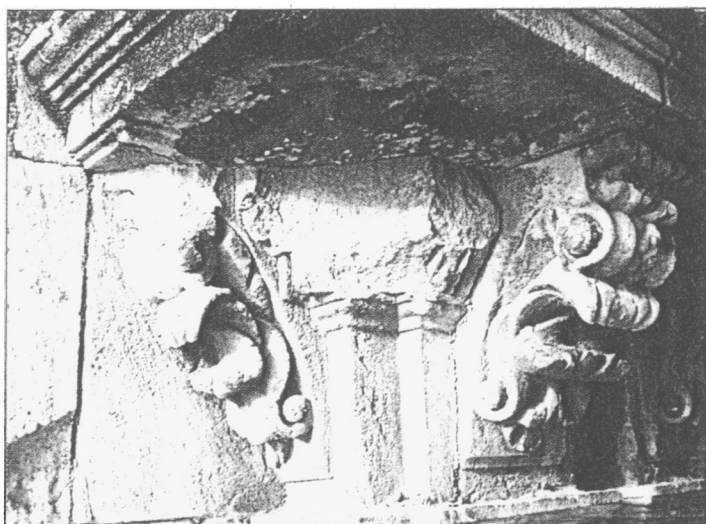


Fig. 5. Detalle elementos pétreos muy alterados antes de la intervención.

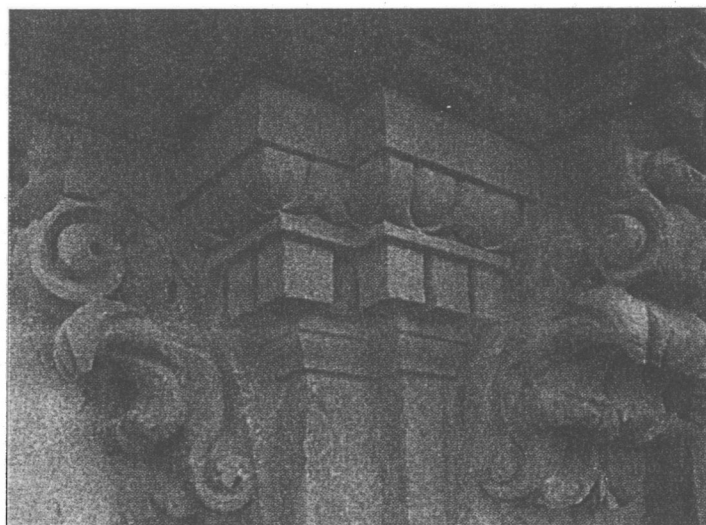


Fig. 6. Detalle tras la restitución.

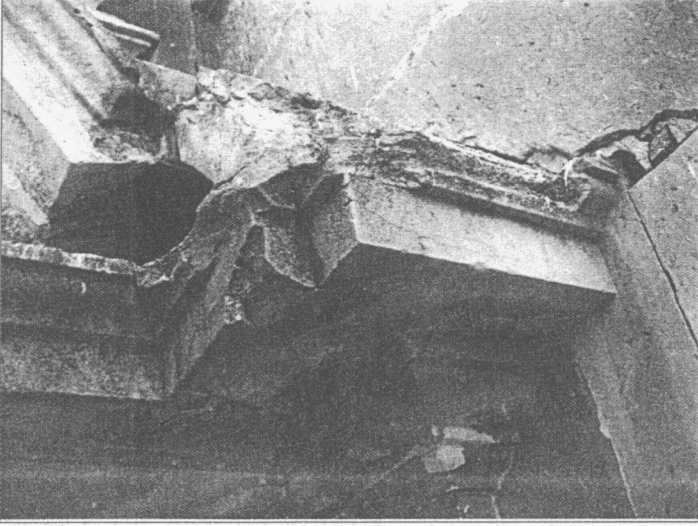


Fig. 7. Detalle cornisa pétrea antes de la intervención.

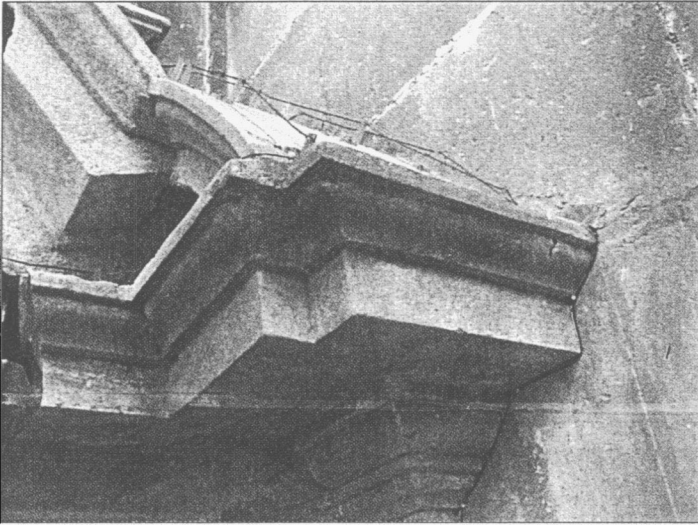


Fig. 8. Detalle cornisa tras la restauración.