University of Cantabria / University of Burgos

Organizers:

UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

UNIVERSIDAD DE BURGOS

REHABEND 2016
Euro-American Congress

CONSTRUCTION PATHOLOGY, REHABILITATION TECHNOLOGY AND HERITAGE MANAGEMENT

Burgos (Spain) - May 24th-27th, 2016

Sponsor entities:

GOBIERNO DE ESPAÑA

Junta de Castilla y León

DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE BURGOS

Ayuntamiento de Burgos

Cámara Burgos

Sika

MAPEI
ADHESIVES · SEALANTS · CHEMICAL PRODUCTS FOR BUILDING

REHABEND 2016

CONSTRUCTION PATHOLOGY, REHABILITATION TECHNOLOGY AND HERITAGE MANAGEMENT

(6th REHABEND Congress)

Burgos (Spain), May 24th-27th, 2016

PERMANENT SECRETARIAT:

UNIVERSITY OF CANTABRIA
Civil Engineering School
Department of Structural and Mechanical Engineering
Building Technology R&D Group (GTED-UC)
Avenue Los Castros s/n 39005 SANTANDER (SPAIN)
Tel: +34 942 201 738 (43) Fax: +34 942 201 747
E-mail: rehabend@unican.es
www.rehabend.unican.es

6TH EURO-AMERICAN CONGRESS ON CONSTRUCTION PATHOLOGY, REHABILITATION TECHNOLOGY AND HERITAGE MANAGEMENT

REHABEND 2016

ORGANIZED BY:

UNIVERSITY OF CANTABRIA (SPAIN)
www.unican.es // www.gted.unican.es

UNIVERSITY OF BURGOS (SPAIN)
www.ubu.es

CO-ORGANIZERS ENTITIES:

UNIV. ARGENTINA JOHN F. KENNEDY (ARGENTINA)

UNIV. ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUIDA FILHO" (BRAZIL)

UNIVERSIDAD AUSTRAL (CHILE)

TECNALIA (SPAIN)

UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO (SPAIN)

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA (SPAIN)

POLITÉCNICO DI BARI (ITALY)

UNIV. MICHOACANA SAN NICOLÁS HIDALGO (MEXICO)

UNIV. NACIONAL AUTÓNOMA (MEXICO)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA (PERU)

UNIVERSIDADE DE AVEIRO (PORTUGAL)

UNIV. DE LA REPÚBLICA (URUGUAY)

UNIVERSITY OF MIAMI (USA)

CONFERENCE CHAIRMEN:

LUIS VILLEGAS
JUAN MANUEL MANSO

CONGRESS COORDINATORS:

IGNACIO LOMBILLO
JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ
JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ
HAYDEE BLANCO
YOSBEL BOFFILL

EDITORS:

LUIS VILLEGAS
IGNACIO LOMBILLO
HAYDEE BLANCO
YOSBEL BOFFILL

INTERNATIONAL SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE:

HUMBERTO VARUM – UNIVERSITY OF AVEIRO (PORTUGAL)
PERE ROCA – TECHNICAL UNIVERSITY OF CATALONIA (SPAIN)
ANTONIO NANNI – UNIVERSITY OF MIAMI (USA)

The editors does not assume any responsibility for the accuracy, completeness or quality of the information provided by any article published. The information and opinion contained in the publications of are solely those of the individual authors and do not necessarily reflect those of the editors. Therefore, we exclude any claims against the author for the damage caused by use of any kind of the information provided herein, whether incorrect or incomplete.

The appearance of advertisements in this Scientific Publications (Printed Abstracts Proceedings & Digital Book of Articles - REHABEND 2016) is not a warranty, endorsement or approval of any products or services advertised or of their safety. The Editors does not claim any responsibility for any type of injury to persons or property resulting from any ideas or products referred to in the articles or advertisements.

The sole responsibility to obtain the necessary permission to reproduce any copyright material from other sources lies with the authors and the REHABEND 2016 Congress can not be held responsible for any copyright violation by the authors in their article. Any material created and published by REHABEND 2016 Congress is protected by copyright held exclusively by the referred Congress. Any reproduction or utilization of such material and texts in other electronic or printed publications is explicitly subjected to prior approval by REHABEND 2016 Congress.

ISBN: 978-84-608-7940-4 (Printed Book of Abstracts)
ISBN: 978-84-608-7941-1 (Digital Book of Articles)

Recorded by Serigrafias Serimar, S.A.

CODE 1.1.16

ESTUDIO DE CANTERAS HISTÓRICAS DE FERRIOL. VALORACIÓN DE SU UTILIZACIÓN COMO PIEDRA DE SUSTITUCIÓN EN ST[a] MARIA DE ELCHE

Spairani-Berrio, Yolanda*[1]; García-del-Cura, M[a] Angeles[2,3]; Benavente, David[3,4]; Louis Cereceda, Miguel[1,3]; Prado Govea, Raul[1]; Martínez Martínez, Javier[3,4]; Cuevas González, Jaime[4]

1: Departamento de construcciones arquitectónicas.
Universidad de Alicante
e-mail: yolanda.spairani@ua.es

2: IGEO, (CSIC, UCM)
e-mail: angegcura@ua.es

3: Laboratorio de Petrología Aplicada, Unidad Asociada UA-CSIC
e-mail: miguel.louis@ua.es

4: Departamento de Ciencias de La Tierra
Universidad de Alicante
e-mail: david.benavente@ua.es
e-mail: raul.prado@ua.es
e.mail: javier.martinez@ua.es
e-mail: jaime.cuevas@ua.es

PALABRAS CLAVE: Santa María Elche, Piedra del Ferriol, cantera histórica, roca de sustitución, biocalcarenita.

RESUMEN

La piedra predominante en la fábrica de la Basílica de Santa María de Elche es la biocalcarenita, empleándose diferentes variedades en cada una de las fases constructivas. La más alterada y objeto de este artículo, es la que conforma la Capilla de la Comunión, obra del siglo XVIII de gran valor arquitectónico y que en un futuro cercano debería ser objeto de restauración. Las indagaciones históricas han sacado a la luz un documento de 1759 firmado por uno de los arquitectos autores de la Basílica de Santa María en Elche, donde se indica el número y formato de los sillares, y de donde se debían extraer dichos materiales.

En el término de Elche, hay un paraje denominado Ferriol cuyas rocas han sido explotadas como piedra de construcción durante varios siglos y diferentes culturas, estando datada al menos una de las canteras allí desarrolladas en época íbera. Se han tomado muestras en tres antiguos frentes de cantera, situándolos litoestratigráficamente y se han comparado con los del propio edificio. Para ello se ha realizado un estudio mineralógico, petrográfico y petrofísico. Uno de los frentes muestreados corresponde a la cantera íbera mencionada, de donde podría haber sido extraída la piedra empleada en la escultura de "La Dama de Elche". La biocalcarenita obtenida en la cantera del Ferriol es semejante a la de la Capilla de la Comunión, con una densidad aparente del orden de 1,8 g/cm^3, la porosidad sobre el 20%, el coeficiente de capilaridad es 74 g/m^2 s$^{0.5}$ y la resistencia a compresión de 17,6 MPa.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los estudios previos necesarios para acometer cualquier intervención en edificios históricos es imprescindible la caracterización pétrea del mismo, así como conocer la procedencia de esos materiales, o encontrar otros materiales (roca de sustitución) con similares propiedades físicas en caso de necesitarse para sus restauraciones [1].

La mayoría del patrimonio arquitectónico que existe en la provincia de Alicante se ha construido con piedra autóctona de origen sedimentario y composición calcarenítica, cuyas propiedades intrínsecas hacen que tenga una gran predisposición a la alteración, especialmente por agentes atmosféricos. Esto ha generado que la mayoría de estas construcciones, de gran valor histórico, presenten en la actualidad una apariencia degradada, y muy diferente a la que debieron lucir recién acabadas, y a la imagen que pretendían los arquitectos que las habían proyectado. Los constructores antiguos, en general, podían "elegir" los materiales hasta cierto punto, ya que los pétreos que tenían que conformar el grueso de los muros debían ser de canteras cercanas, dejando la elección de materiales más nobles, como algunos mármoles ornamentales para ciertos elementos singulares.

En la provincia de Alicante existen varias zonas con canteras históricas, principalmente en la zona de Elda-Novelda de donde está documentado trajeron la mayor parte de piedra que se ha empleado en este monumento ilicitano, conocida actualmente como piedra de Bateig, ampliamente conocida. En Elche también existen canteras históricas en las sierras del Ferriol y Peligros, donde se han contabilizado cerca de doscientos frentes, aunque la mayoría con poco volumen de extracción, estando sólo estudiada, y desde un punto de vista arqueológico, una de sus canteras por un equipo de arqueólogos liderados por Pierre Roullar [2] [3], de donde podría haber sido extraída la piedra empleada en la escultura de "La Dama de Elche". Las canteras en la zona de Peligros, junto a Ferriol, están recorridas por un barranco llamado "Santa María" con huellas en forma de surcos en la roca dejados por las carretas a su paso, la *vox pópuli* argumenta que se denomina así el barranco porque de allí se extrajo piedra para la Basílica.

El templo de Santa María de Elche es sin duda el edificio histórico de mayor relevancia en la ciudad, siendo el templo mariano de mayor rango en la diócesis de Orihuela, y escenario de la representación del Misteri o Festa d'Elx, Patrimonio inmaterial de la Humanidad desde el 2004, y que lleva representándose en el templo ilicitano desde hace varios siglos. El templo actual es el cuarto edificio levantado en el mismo lugar.

La Basílica se ha construido en varias fases en las que a veces se ha sumado arquitectura, caso de la Capilla de la Comunión, y otras lo han transformando, caso de varias intervenciones motivadas por graves problemas estructurales, y las secuelas dejadas por los terremotos de 1746 y 1829, y por un devastador incendio en la guerra civil. En estas fases se han empleado pétreos de origen diferente, por lo que ha sido básico el análisis de la evolución histórica-constructiva, y a su vez el estudio litológico de sus fábricas ha servido para corroborar dichas fases [4].

La zona más alterada del edificio en la actualidad se centra en las fachadas de la Capilla de la Comunión, presentando una portada en la fachada oeste con una elevadísima degradación, tal y como se puede observar en las figuras 1 y 2.

Figura 1. Aspecto de la fachada de la Capilla de la Comunión de la Basílica de santa María. Figura 2. Aspecto de la portada de la Capilla de la Comunión.

2. APROXIMACIÓN A LA LITOLOGIA DE LA BASÍLICA DE SANTA MARÍA

La Basílica está ejecutada, según observación visual, con al menos tres tipos de pétreo. En la primera y gran fase constructiva del templo, que engloba la nave y el crucero se emplearon dos tipos piedra de canteras de “Salinetes” (cercana a la actual Bateig) de Elda-Novelda, en el zócalo una caliza bioclástica de grano grueso (biocalcirrudita) y en el resto del edificio una biocalcarenita de grano fino. Se sabe que proceden de las canteras citadas puesto que así consta en la documentación histórica, y se ha podido corroborar con los estudios petrográficos realizados. En la Capilla de la Comunión, indicada en la figura 4, también se empleó el mismo tipo de pétreo en el zócalo, la calcirrudita, y una biocalcarenita en el resto de la capilla, tanto en su interior como en las fachadas, procedente de la sierra del Ferriol, de hecho existe un documento inédito hasta el presente trabajo consistente en un contrato de compra de los sillares que se debían emplear para la ejecución de la Capilla de la Comunión (figura 3).

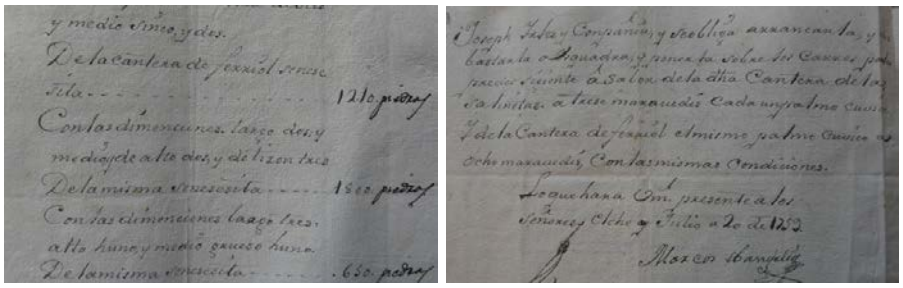


Figura 3. Documento que recoge la petición de piedra para realizar la capilla de la Comunión, su formato en palmos y las condiciones económicas de su compra, firmado por Marcos Evangelio arquitecto. AHME, Protocolos Notariales Gerónimo Ruiz 1756-1761, Sig. SHPN 955, p. 31.

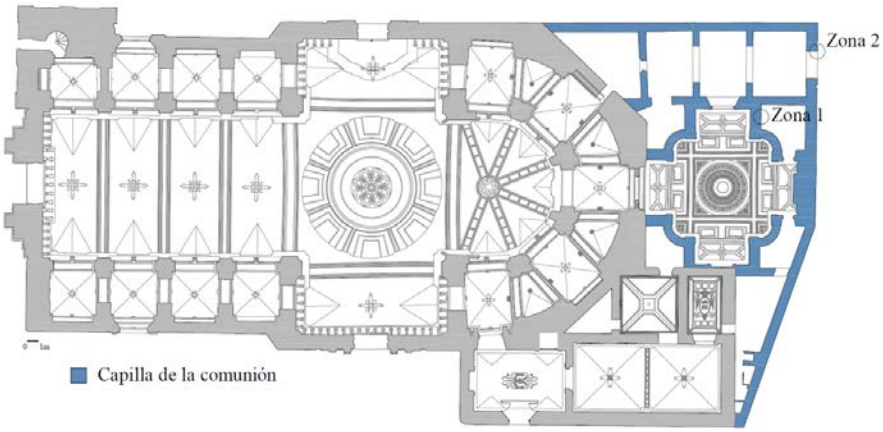


Figura 4. Planta con proyección cenital de la Basílica de Santa María.

3. METODOLOGÍA

Afrontar el estudio y análisis de los materiales pétreos de los edificios patrimoniales y de las canteras históricas de extracción, requiere hacer indagaciones documentales y seguir las recomendaciones de organismos y expertos en el tema [5]. Se han seguido las indicaciones de IPCE extrayendo piedra del propio monumento, recurriendo a los sillares muy alterados que deben intervenirse posteriormente y a elementos arrumbados o de desechos. También se han obtenido muestras mediante un saca-testigos de reducidas dimensiones en paramentos de la Capilla de la Comunión desde su trasdós en espacios secundarios. Por otro lado la localización de las canteras originales comenzó con indagaciones documentales en archivos y posteriormente con el reconocimiento in situ, y obtención de muestras para realizar las columnas estratigráficas.

3.1. Muestreo

En el edificio se han tomado varias muestras de cada tipo de pétreo, en el presente trabajo centrado en la piedra del Ferriol, la muestras han sido tomadas en las zonas 1 y 2. En el interior se han extraído muestras *sanas* o *frescas* con un saca-testigos con una broca que permite obtener testigos de 2,5 cm de diámetro por 5 de profundidad de la fábrica de sillería que cierra el interior de la Capilla de la Comunión "figura 4" en una habitación destinada a almacén. En el exterior se han aprovechado fragmentos a punto de desprenderse, intentando hacer el menor daño posible al edificio "figura 5". En todo momento se ha dado el visto bueno por parte de la propiedad. En la cantera se han tomado fragmentos de cada una de los diferentes estratos en cada cantera, así en la sierra del Ferriol se han tomado en el frente denominado como "Santa María" 5 muestras "figura 5", y además se ha extraído mediante saca-testigos la muestra 3 "figura 7", en la cantera íbera se ha tomado una muestra de gran tamaño al ser una zona masiva, y en la cantera de Peligros, aunque es homogénea dada su gran envergadura se han tomado muestras a tres alturas.

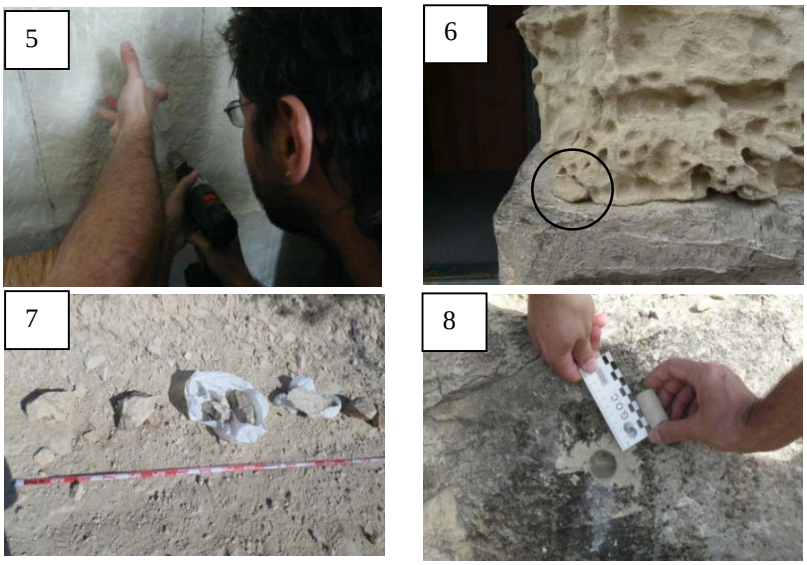


Figura 5. Extracción en zona 1. Figura 6. Muestra tomada en la portada de la Capilla de la Comunión.
Figura 7. Muestreo de la sierra del Ferriol. Figura 8. Muestra 3 tomada en cantera del Ferriol.

3.2. Estudios petrográficos

Para caracterizar cada muestra obtenida, se ha observado en sección delgada con el Microscopio Óptico de Polarización (MOP). Para completar esta caracterización se han obtenido los espectros de difracción de rayos X (DRX) para saber su composición mineralógica, y para un mayor conocimiento de su morfología y singularidades como presencias de microfósiles o minerales tipo arcillas, se han realizado observaciones y microanálisis en el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM), y el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (FESEM) de los servicios técnicos de la Universidad de Alicante.

3.3. Ensayos petrofísicos

Los ensayos se han realizado con el máximo número de probetas disponibles en cada muestra, y siguiendo las normas UNE correspondiente [6]. Los ensayos realizados han ido enfocados a determinar la caracterización del pétreo (densidades y resistencia a compresión) y a obtener las características que están directamente relacionadas con la alteración de los pétreos sujetos a agentes extrínsecos de degradación, como son la porosidad, absorción capilar, absorción de gotas o saturación de agua.

4. RESULTADOS

4.1. Estudio de canteras. Estudio geológico de campo

Las canteras de estudio se encuentran a unos 7 km al norte de la localidad de Elche "Figura 9", dentro de los parajes de "El Ferriol" y "Peligros". Desde el punto de vista geológico están enmarcadas en la misma unidad litológica, la cual está formada por una alternancia de biocalcarenitas y margas de edad Serravaliense [7] que se encuentra suavemente plegada dentro del conjunto de unidades cenozoicas sobre un sustrato mesozoico "Figura. 10". En esta unidad litológica predominan mayoritariamente las facies de calcarenitas sobre las margosas, organizadas en la sucesión en estratos con potencias muy variables que oscilan entre 5 y 90 m. Dentro de las calcarenitas se observa un contenido fósil variado de macrofósiles marinos como bivalvos principalmente ostreidos, predominando la presencia de bioturbaciones de orden centimétrico.

La serie observada en el área de El Ferriol muestra una alternancia margosa y calcarenítica bien definida, con predominio de facies finas. Los estratos de calcarenita donde se observan huellas de extracción de piedra muestran una potencia media de 10 m, con un aspecto masivo y ausencia de estructuras sedimentarias "Figura 11". Por otro lado, en el área de Peligros la serie está mucho menos definida estratigráficamente, observándose un único paquete calcarenítico de más de 80 m de potencia interrumpido únicamente por un pequeño nivel margoso hacia la base "Figuras 11". Esta diferencia de potencia de los paquetes calcareníticos en ambos afloramientos hace que el volumen de extracción observado sea mucho mayor en Peligros que en El Ferriol.

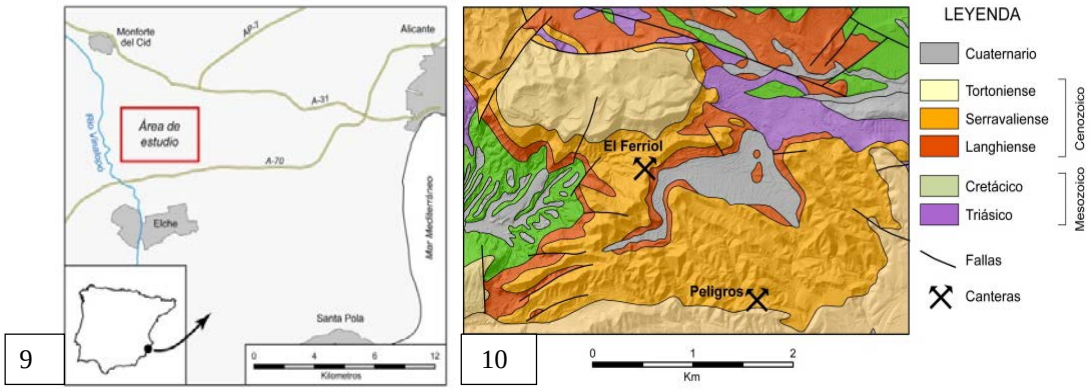


Figura 9: Mapa de localización del área de estudio. Figura 10: Cartografía geológica que abarca la unidad de edad Serravaliense donde quedan incluidas las canteras de estudio. Modificado de Pignatelli, 1973.

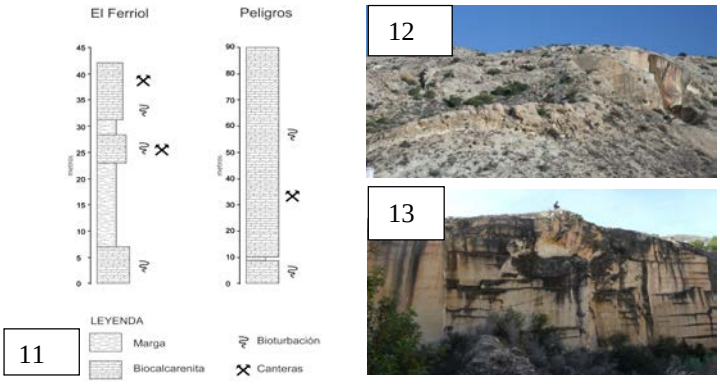
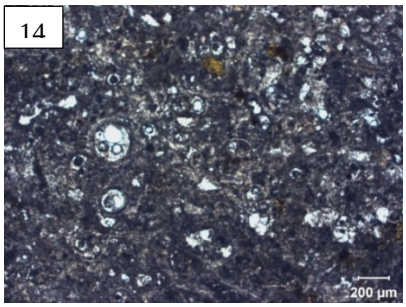


Figura 11: Columnas estratigráficas observadas en las canteras de estudio. Se indica la posición de los frentes de cantera principales. Figura 12 (arriba): Cantera del Ferriol. Figura 13: Cantera de Peligros.

4.2. Litologías del edificio

Tras los análisis y ensayos realizados a las muestras de la zona 1, la piedra de la fábrica de la capilla ha resultado ser una caliza con foraminíferos principalmente globigerínidos con algo de glauconita, tal y como se puede apreciar en la fotomicrografía de la figura 14. El DRX ha mostrado un contenido en calcita del 84%, dolomita 11 %, cuarzo en 2% y halita del 2%. En la observación en el FESEM se aprecian macroporos y cocolitos la mayoría fragmentados y con cementación, aparecen muchos cristales de nueva formación mostrando de forma generalizada un aspecto muy compacto con cristales muy unidos de calcita. También se aprecian abundantes cristales singulares de formas curvas, incluso tubulares "figura 15". Se han realizado EDSs sobre una de esas formas curvas y el resultado ha mostrado altos niveles de cloro y de sodio, siendo sales que probablemente han cristalizado dentro de los poros capilares y han tomado esa forma tubular, o se han depositado sobre restos de organismos vivos. Dado el pequeño tamaño de la muestra extraída sólo se ha podido realizar el cálculo aproximado de su densidad aparente, obteniéndose, Da=1,72 g/cm^3.



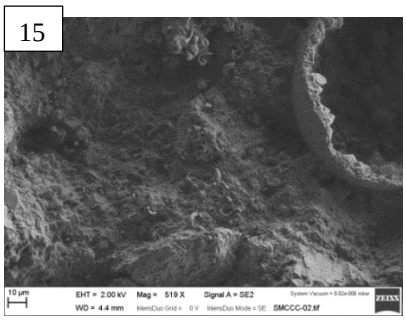
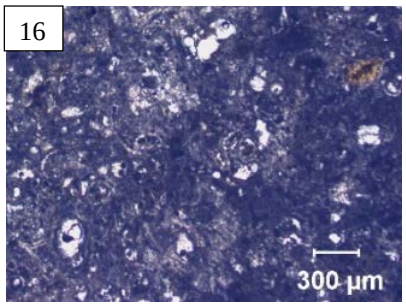


Figura 14. Fotomicrografía de MOP y nícoles paralelos la muestra 1. Figura 15. Imagen al FESEM a 519 aumentos y 2Kv de la muestra zona 1.

En la fachada de la capilla la piedra también ha resultado ser una caliza con foraminíferos principalmente globigerínidos con algo de glauconita, tal y como se puede apreciar en la fotomicrografía de la figura 16. El DRX ha variado respecto a las muestras interiores probablemente por la elevada alteración sufrida al estar al exterior en zona afectada de humedad capilar con ascensión de sales, mostrado un contenido en calcita del 70%, dolomita 8%, cuarzo en 6% y halita del 16%.
En la observación en el SEM también se aprecian macroporos y cocolitos, aparecen numerosos cristales de nueva formación.



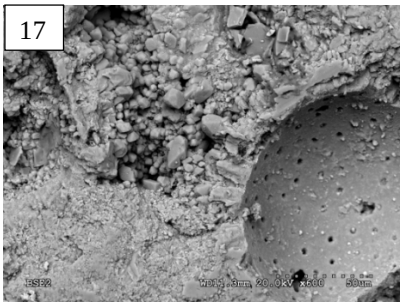


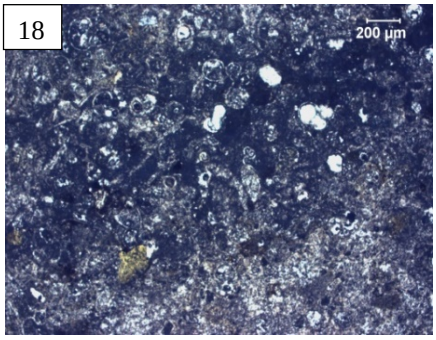
Figura 16. Fotomicrografía de MOP y nícoles paralelos de la muestra zona 2. Figura 17. Imagen al Fe-SEM a 600 aumentos y 20Kv.

4.3. Estudio petrográfico y petrofísico de las canteras

A) FERRIOL

Las muestras de la zona de la Sierra del Ferriol, en las que se han realizado los ensayos petrográficos y petrofísicos se han obtenido de la capa estratigráfica intermedia (a 25 m) siendo la más semejante, en cuanto a propiedades, a la de la Capilla de la Comunión.

Tras su observación en el MOP se define como una caliza con foraminíferos principalmente globigerínidos con algo de glauconita, tal y como se puede apreciar en la fotomicrografía de la figura 18. El DRX muestra un contenido en calcita del 90%, dolomita 6% y cuarzo en 4%. En la observación en el SEM se aprecian microfósiles semejantes a los observados en las muestras 1 y 2, también hay presencia de cocolitos con cementación. Según la curva de reparto de poros tras el ensayo de intrusión de mercurio (MIP) se centra el mayor porcentaje de poros sobre 1 µm de radio. Las características petrofísicas "tabla 1" indican una resistencia baja a compresión comparada con la de otros pétreos semejantes de la provincia como la piedra de San Julián [8], aunque se considera suficiente para su uso.



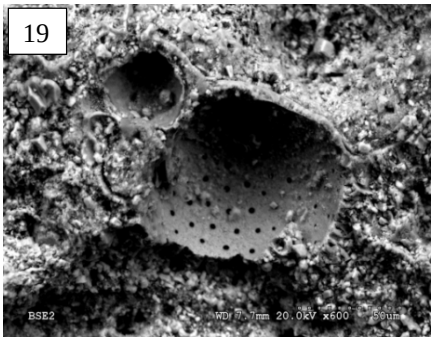


Figura 18. Fotomicrografía de MOP y nícoles paralelos de la muestra del Ferriol. Figura 19. Imagen al SEM a 600 aumentos y 20 kV.

B) IBERA

La cantera íbera es de pequeña dimensión y formada por un macizo homogéneo "figura 20", se ha tomado el muestreo de su zona intermedia. Los estudios realizados han mostrado que es una caliza con foraminíferos principalmente globigerínidos y en su composición mineralógica aparece como componente mayoritario la calcita con un 93%, el cuarzo 4%, y la dolomita 3%. En la observación en el SEM se aprecian microfósiles semejantes a los observados en las muestras del edificio y de la cantera de "santa María", también hay presencia de cocolitos con cementación.

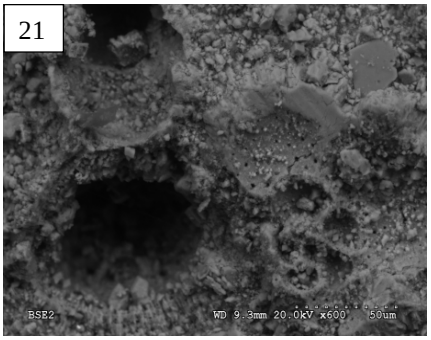


Figura 20. Cantera íbera durante las excavaciones arqueológicas. Figura 21. Imagen al SEM a 600 aumentos y 20 kV de la muestra de la cantera íbera.

C) PELIGROS

En la cantera de Peligros se ha testeado a tres altura, zona alta, media y baja. En la zona Alta se trata de biomicrita con foraminíferos (globigerínidos), restos de equinodermos (placas y radiolas; fragmentos de briozoos y moluscos, glauconita, detríticos escasos, indicios de microlitos plagioclasicos, Muchos globigerínidos están rellenos, posiblemente de pirita más o menos oxidada. En la zona Media también se trata de una biomicrita con foraminíferos (globigerínidos, nummulítidos,…) algas rojas con diferentes grados de micritización, fragmentos de briozoos y de moluscos. En la zona Baja se define como biomicrita (con abundamte microesparita y porosidad interpartícula) con foraminíferos (globigerínidos, nummulítidos, y otros…) algas rojas bastante micritizadas, fragmentos de equinodermos, briozoos, moluscos y posibles corales. Los datos obtenidos con el DRX señalan un contenido en calcita del 86%, dolomita del 13% y cuarzo del 1%.

Tabla 1. Características petrofísicas de las canteras del Ferriol.

Propiedades	"Frente de Santa María"	"Ibera"
Densidad aparente:	1,85 g/cm^3	1,82 g/cm^3
Porosidad total	20,34%	20,36%
Coeficiente capilar:	73,7 g/m^2 s$^{0.5}$	102,7 g/m^2 s$^{0.5}$
Coeficiente de absorción	9%	12,7%
Absorción de gotas	34 s	21s
Resistencia mecánica a compresión	17,6 MPa	12,3 MPa

4. CONCLUSIONES

Tras los estudios realizados se puede concluir que la piedra empleada en la Capilla de la Comunión se trata de una biocalcarenita con foraminíferos principalmente globigerínidos con algo de glauconita, que coincide con las muestras estudiadas de las canteras del Ferriol (la denominada como "frente de Santa María" y la cantera íbera). Sin embargo en la cantera de Peligros la piedra presenta abundantes algas rojas que la aleja de las litologías estudiadas en el propio edificio. Existe concordancia de composición y propiedades de los materiales pétreos estudiados en el edificio y en las dos canteras del Ferriol. Se corrobora así la documentación histórica que indica que los materiales empleados en la Capilla de la Comunión de la Basílica de Santa María de Elche, a excepción del zócalo, se debían extraer del Ferriol. Las características que presenta hacen viable que en el futuro se pudiese emplear piedra de dichas canteras para la restauración de las fachadas y la portada de la Capilla, aunque las resistencias a compresión sean bajas se consideran suficientes para el uso al que se destina. En cuanto a la cantera denominada "frente de Santa María" del Ferriol, está formada por una alternancia margosa y calcarenítica bien definida, con predominio de facies finas. Los estratos de biocalcarenita donde se observan extracción de piedra muestran una potencia media de 10 m, con un aspecto masivo.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Fort, R Localización de antiguas canteras utilizadas en el patrimonio monumental. En: *Degradación y Conservación del Patrimonio Arquitectónico*. (ed. Mingarro Martín, F.), Editorial Complutense, Madrid: 311-316. 1996.
[2] Moratalla Jávega, Jesús; Rouillard, Pierre; Costa, Laurent*;"Las canteras de ferriol (Baix Vinalopó, Elche), un singular proyecto multidisciplinar de investigación histórica"*, Marq, arqueología y museos nº 5, págs. 292-297, 2012.
[3] Gagnaison, Cyril; Montenal, Christian; Barrier, Pascal; Rouillard, Pierre; *L'environnement du site ibérique de La Alcudia et les carrières antiques de la Dame d'Elche (Province d'Alicante, Espagne)*, ArchéoSciences nº 31, 2007.
[4] Spairani Berrio, Y. "La basílica de Santa María de elche. Análisis histórico, arquitectónico y constructivo. Estudio diagnóstico" Tesis doctoral, Universidad de Alicante, 2016.
[5] Esbert Alemany, R. M.; Losada Aranguren, J. M.; *Criterios de Intervención en materiales pétreos*. Revista del Instituto de Patrimonio Histórico Español. Revista nº2, 2003.
[6] AENOR UNE-EN 15801, Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la absorción de agua por capilaridad. 2010. AENOR UNE-EN 1926, Métodos de ensayo para la piedra natural. Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial. 2007.
[7] Pignatelli, *Memoria de la hoja MAGNA 893* (Elche). 28 p. IGME. Madrid. 1973.
[8] Brotons, V.; *Propiedades físicas y mecánicas de una calcarenita: La piedra de San Julián*. Tesis doctoral, Universidad de Alicante, 2014.