

Caracterización y procedencia de la piedra de sillería granítica del Convento de la Encarnación (Madrid)

E.M. Pérez Monserrat¹, R. Fort González¹.

¹Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). Facultad de CC. Geológicas, c/ José Antonio Novais 2, 28040 Madrid, e-mails: empmon@geo.ucm.es; rafort@geo.ucm.es

ABSTRACT

This work faces the study of the granitic masonry of external façades of the Convent of the Incarnation (Madrid). The aim is to characterize the employed granites in the temple in order to locate its provenance, both of the original granite utilized in the two constructive stages of the Convent (17th and 18th centuries) as well as the replacement one used in latter restorations (20th century).

Their petrographical properties and their geochemistry trend, allow to establish the granitic material provenance in the Valdemorillo-Zarzalejo (Madrid) granites outcrops, corresponding to medium grained biotitic monzogranites. The quarries of that area have supplied granitic stone to Madrid's Architectural Heritage since The Austrias' times. The petrophysical properties displayed by the granites of the Convent are due to their degradation degree and do not allow establishing any provenance criteria. The results and several references consulted, show that the granite ashlar of the present Southern façade, pulled down and setbacked during the 19th century, come from the ancient ashlar employed in the second constructive stage (18th) of the Convent.

Key words: *Architectural Heritage, historical quarries, petrophysics, geochemistry.*

INTRODUCCIÓN

El Convento de monjas recoletas de La Encarnación se encuentra en el turístico barrio de Ópera, entre el Senado y el Teatro Real. A la Plaza de La Encarnación se accede bien por la Plaza de Isabel II o bien por la Plaza de Oriente, donde se ubica el actual Palacio Real (Fig. 1). Fundado en 1611 por Margarita de Austria, esposa de Felipe III, en su historia constructiva se distinguen dos etapas, la primera (1611-1616) atribuida a Juan Gómez de Mora y Alberto de la Madre de Dios y la segunda (1755 – 1767) a Ventura Rodríguez. Juan Gómez de Mora proyecta la fachada principal, orientada hacia el Este y a los pies de la iglesia, como un rectángulo vertical enmarcado por dos pilastres y rematado por un frontón triangular. El pórtico de entrada conduce al interior mediante una triple arcada de medio punto. Sobre el pórtico, el coro, que se comunica al exterior con dos ventanales, unidos por el conjunto escultórico de la Anunciación de Antonio Riera. En el segundo piso se advierten los escudos reales labrados en mármol. Sobre este piso se dispone el frontón, con óculo central y rematado por una cruz. Se abre una plazuela o lonja cerrada con reja, con dos cuerpos bien diferenciados que avanzan y cierran el espacio.

La portada principal es de granito, apareciendo también en los zócalos lisos, recercados de huecos y en los peldaños de acceso al edificio, en los sillares del muro bajo la reja y sus pilares, rematados con bolardos graníticos. La fábrica de los muros es de ladrillo combinada con cajoneras de mampostería de sílex según aparejo toledano. La cubierta del Convento es de teja árabe y la cúpula de pizarra (Fig. 2).

El Convento se ha conservado prácticamente intacto, pero ha ido perdiendo la práctica totalidad de sus terrenos debido a la construcción de los jardines de Sabatini hacia 1778, a la creación y posterior ampliación de la Plaza de Oriente durante 1815 y 1820, que conlleva también el retranqueamiento de la fachada Sur del edificio, y a la desamortización de Mendizábal en 1836 (Pinto et al, 1995). En los últimos veinte años se han acometido obras de restauración y actuaciones de mantenimiento, que junto a la construcción del subterráneo en la calle Bailén, han permitido la conservación del edificio en muy buen estado. Declarado monumento por el Real Decreto 1262 / 94 3 - 6 (BOE 18-6-94).

METODOLOGIA

Se han tomado granitos de los sillares representativos de cada etapa constructiva del edificio y de las canteras de Valdemorillo, tanto de la variedad equigranular como la porfídica. Se ha denominado granito XVII al perteneciente a la primera etapa constructiva, granito XVIII al de la segunda y granito XX al de sustitución utilizado en restauraciones acometidas a mediados del siglo pasado (Fig. 3). Se toman datos de estudios previos en diversas canteras de referencia (Villaseca et al, 1993, Bellido et al, 1991), que suministraron material pétreo similar al de la sillería del Convento a numerosas edificaciones madrileñas desde los siglos XVI al XIX. (Menduiña y Fort, 2004). Para caracterizar el material pétreo y establecer criterios de procedencia, se ha considerado las partes menos alteradas de los granitos del Monumento y se ha seguido la metodología siguiente:

1. Consulta de fuentes documentales.
2. Descripción petrográfica con luz transmitida.
3. Descripción mineralógica de muestra total mediante difracción de rayos X (DRX).
4. Determinación de elementos mayores y elementos traza mediante ICP-AES y ICP-MS.
5. Determinación de la velocidad de propagación de los ultrasonidos, del grado de saturación de agua y la porosidad accesible al mercurio.

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA

Los granitos estudiados en el Monumento presentan características macroscópicas similares, son granitos grises biotíticos inequigranulares de grano medio a grueso con cristales blancos de feldespato y glóbulos de cuarzo gris. Las diferencias radican en la presencia de fenocristales y enclaves microgranudos de minerales máficos. Por un lado, los granitos XVII y XVIII presentan abundantes enclaves de morfologías subsféricas y elípticas, algunos de gran tamaño que alcanzan los 18 cm de diámetro, y el granito XX está exento de dichos enclaves. Por otro lado, en el granito XVII se reconocen algunos fenocristales de feldespatos, pudiéndose observar en ciertos sillares la textura porfídica con cristales que alcanzan los 4 cm de tamaño, y los granitos XVIII y XX carecen de fenocristales. Petrográficamente son monzogranitos biotíticos con textura subdiomorfa inequigranular de grano medio a grueso (Fig. 4). La mineralogía principal son el feldespato potásico (40-60%), cuarzo (20-25%), plagioclasa (15-20%) y biotita (8-10%). Los minerales secundarios son la sericita, clorita, moscovita, horblenda y epidota, y los accesorios el rutilo y circón. Es muy intensa la alteración a sericita de las plagioclasas. Los cristales de biotita tienden a agregarse, pero sin llegar a formar glomérulos, y en su interior se distinguen apatitos y circones. Las biotitas se alteran a cloritas y a veces a moscovita.

La mineralogía obtenida por difracción de rayos X es muy similar para los tres tipos de granitos analizados. Los picos de mayor intensidad corresponden con la mineralogía principal, cuarzo, feldespato potásico, biotita y plagioclasa, que corresponde a albita o plagioclasa sódica.

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

En la Tabla 1 se muestran los análisis químicos de los tres granitos del Convento. Estos granitos son geoquímicamente similares entre sí y a los monzogranitos biotíticos de grano medio-grueso de la zona de Valdemorillo-Zarzalejo, aproximándose más a la variedad equigranular. Representados los tres granitos del templo en el diagrama Rb-Sr-Ba. (El Bouseily y El Sokkary, 1975), quedan incluidos en el campo de dichos monzogranitos (Fig. 5). La tendencia geoquímica de las REE es una disminución general en sus contenidos para los granitos del Monumento respecto al granito de cantera, siendo esta pérdida mayor las tierras raras ligeras (Tabla 2).

CARACTERIZACIÓN PETROFÍSICA

En la Tabla 3 se observa que los granitos del Convento correspondientes a los siglos XVII y XVIII presentan valores más altos de porosidad y una mayor capacidad de absorción de agua respecto al granito de sustitución empleado. Por otro lado, la velocidad de propagación y la densidad son más altas en el granito del siglo XX. Se compara con granitos de diversas canteras de referencia que suministraron material a numerosas edificaciones madrileñas desde los siglos XVI al XVIII (Menduiña y Fort, 2004), donde se puede comprobar que los valores de densidad de los granitos son más altos en la cantera que en los sillares, y que la porosidad y absorción de agua presentan valores más bajos en el material de cantera. Estos datos responden a una mayor degradación en los granitos del XVII y XVIII respecto a los del siglo XX, por llevar más tiempo expuestos a los factores de alteración, estando a su vez los tres más alterados que el material fresco de cantera. Estos resultados no permiten establecer criterio alguno de procedencia al presentar los granitos de las canteras seleccionadas valores muy similares en cuanto a sus propiedades físicas se refiere.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Son múltiples las canteras abiertas en los granitoides hercínicos del Sistema Central que abastecen de material al patrimonio arquitectónico de la Comunidad de Madrid. Los complejos plutónicos de la Sierra de Guadarrama están constituidos por abundantes facies graníticas, muy estudiadas petrológica y geoquímicamente por diversos autores (Bellido et al, 1991 y Villaseca et al, 1993). Durante la construcción del Monasterio de la Encarnación existía una gran actividad extractiva en la zona de El Escorial-Zarzalejo, debido a las obras del Real Monasterio de El Escorial, actividad que se expandió hacia la zona de Valdemorillo y se dirigió hacia Madrid por vías de transporte que desde Segovia atravesaban la Sierra de Guadarrama (Menéndez et al, 1996).

La facies granítica de Valdemorillo-Zarzalejo corresponde a monzogranitos biotíticos de grano medio-grueso y es muy similar petrográficamente a la observada en la sillería del Convento. Aún perteneciendo a la misma formación geológica, los granitos del templo debieron extraerse de diferentes frentes de cantera, bien abiertos expresamente para abastecer de material a la construcción del mismo, o bien frentes que ya estaban explotándose abasteciendo a su vez a otras construcciones del momento.

En cuanto a sus características petrofísicas, a pesar de haber considerado las partes menos alteradas de los granitos muestreados en el Convento, éstos presentan respecto a los granitos de cantera mayor porosidad y capacidad de absorción de agua por un lado, y valores inferiores en la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas y densidad por otro, indicando tendencias normales en el proceso de alteración de estos granitos. La escasa porosidad de los diferentes granitos de la Sierra del Guadarrama (Menduiña y Fort 2004) y el incremento de la porosidad y capacidad de absorción de agua de estas rocas durante el proceso de alteración, hace difícil utilizar estos parámetros como criterio para determinar la procedencia de los materiales utilizados en la construcción del Monumento.

A partir de los análisis de elementos mayores, menores y traza, determinados también en las partes más frescas del material, los granitos muestreados en el Convento parecen proceder de la variedad equigranular del área de Valdemorillo-Zarzalejo. De los elementos traza, los contenidos Ba-Rb-Sr permiten una mejor diferenciación de los granitos obteniendo resultados similares a los obtenidos en otros trabajos (Alvarez de Buergo et al., 2000).

Los contenidos en tierras raras en el granito del Monumento, también son similares a los observados en los granitos de las canteras de Valdemorillo, siendo una herramienta útil para ser aplicada para diferenciar áreas de procedencia, aunque para ello hay que tener en cuenta los cambios que experimentan durante su proceso de alteración (Fort et al., 1992). La tendencia geoquímica observada en las REE de disminución general en sus contenidos es más patente para las tierras ligeras, al ser elementos más fácilmente lixiviados (Balashov et al., 1964). También puede apreciarse cómo la relación Eu/Sm es similar para los granitos de las canteras y el del Convento, con una ligera tendencia a aumentar para los granitos más antiguos.

Para una interpretación adecuada de los resultados obtenidos es necesario tener presente el grado de alteración de los materiales y los datos de la historia constructiva del monumento (Gómez-Heras y Fort, 2004). En las modificaciones urbanísticas acaecidas en la capital a lo largo de su historia (Pinto et al, 1995), se ha comprobado que debido a la creación y posterior ampliación de la Plaza de Oriente durante el primer cuarto del siglo XIX, el Convento disminuye su espacio por la fachada Sur. Entonces, el granito de la fachada Sur hoy en día existente, correspondió en su día al material pétreo original de la segunda etapa constructiva del Convento (1755-1767), que fue parcialmente derribado, reutilizándose su material para levantar la nueva fachada retranqueada a principios del siglo XIX.

CONCLUSIONES

La utilización conjunta de los datos histórico-constructivos del Monumento y la caracterización petrológica de sus materiales, es una herramienta básica para definir el área de abastecimiento de la piedra de construcción del patrimonio arquitectónico, teniendo siempre en cuenta en el análisis de resultados el grado de alteración que presentan los materiales. A partir de la petrología y geoquímica de los granitos muestreados y comparando con datos de anteriores estudios en granitos de canteras madrileñas, se establece la procedencia de los granitos del Convento en los granitoides hercínicos noroestes del Sistema Central, concretamente en la variedad equigranular de los monzogranitos biotíticos de grano medio a grueso de la zona de Valdemorillo y Zarzalejo.

La caracterización petrofísica, basada en densidad y capacidad de sorción de agua, no ha permitido aportar datos concluyentes sobre la procedencia de los materiales porque los granitos de las canteras seleccionadas presentan valores muy similares respecto a sus propiedades físicas, y sobre todo por ser parámetros que varían de forma importante según el grado de alteración de la roca.

Los sillares pertenecientes a la primera etapa constructiva (1611-1616), con enclaves y fenocristales, debieron extraerse en una zona cercana al contacto entre la variedad equigranular y porfídica. Los de la segunda etapa (1755-1767), sin fenocristales, de la variedad equigranular y los de sustitución empleados en intervenciones realizadas a mediados del siglo XX, posiblemente en las cercanías a Zarzalejo, donde se utilizaron canteras para el abastecimiento de piedra en el siglo XX, después de la Guerra Civil (Fort et al., 1996). Únicamente en actuaciones acometidas en los últimos diez años se ha utilizado otro tipo de piedra granítica, que pudiera proceder de la zona de Alpedrete.

Los sillares de la fachada Sur actual del Convento, proceden seguramente del antiguo muro Sur del mismo, levantado en el siglo XVIII al ampliarse el Convento y derribado en el XIX por remodelaciones en la Plaza de Oriente. Esto supone un ejemplo más de la reutilización de material de construcción, práctica habitual en los cascos urbanos en pueblos y ciudades.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez de Buergo, M., Fort, R., Rodríguez, J., López de Azcona, M.C. y Mingarro, F.(2000): Caracterización y degradación de los materiales graníticos de la Colegiata de San Isidro, Madrid. *Geotemas*, 1(3):197-202.
- Balashov, Y.A., Rombo, A.B., Migdison, A.A. y Turanskaya, N.V. (1964):The effect of climate and facies environment on the fractionation of the rare earths during sedimentation. *Geochem. Int.*, 10: 995-1014.
- Bellido et all. (1991): Mapa Geológico de España (2ª serie), 1:50.000, hoja nº533, San Lorenzo de El Escorial, ITGE, Madrid.
- El Bouseily, A.M. y El Sokkary (1975): The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. *Chemical Geology*, 16: 207-219.
- Fort, R., Mingarro, F. y López de Azcona, M.C. (1996): Petrología de los materiales de construcción del Palacio Real de Madrid. *Geogaceta*, 20: 1236-1239.
- Fort , R., Bustillo, M., López de Azcona, C. y Mingarro, F. (1992): Tendencias geoquímicas durante el proceso de alteración de los granitos de la Catedral de Toledo. *Boletín Geológico y Minero*, 103-1: 136-147.
- Gómez-Heras, M. y Fort, R. (2004): Localización de canteras de materiales no tradicionales en la arquitectura de Madrid: la Cripta de la catedral de Santa maría la real de la Almudena. *Materiales de Construcción*, vol 54,nº 274:31-47.
- Mendiña, J. y Fort, R (2004): Las piedras utilizadas en la construcción de Bienes de Interés Cultural de la Comunidad de Madrid hasta el siglo XIX. Ed IGME (en prensa).
- Menéndez, J.M., Arbaizar, G., Fontanals, A. Y Sánchez, T. (1996): Evolución histórica de los itinerarios del noreste en la Comunidad de Madrid. Comunidad de Madrid. 220 pp.
- Villaseca, C., Barbero, L., Huertas, M.J., Andonaegui, P. y Bellido, F.(1993): A cross-section through Hercynian granites of Central Iberian zone. Ed CSIC. 121 pp.
- Pinto, V. y Madrazo, S. (1995): Madrid, atlas histórico de la ciudad. Siglos IX-XIX. Ed Fundación Caja Madrid. 430 pp.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Patrimonio Nacional las facilidades dadas para poder llevar a cabo este trabajo. Igualmente, al Archivo General de Palacio, a la Fundación COAM y al Archivo General de la Administración, por su amabilidad y atención recibida.



Figura 1: Situación del Convento de La Encarnación.



Figura 2: Fachada principal del Convento.

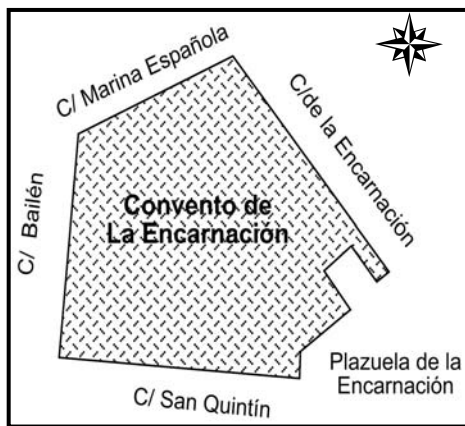


Figura 3: Muestreo realizado. ■ Granito XVII
▲ Granito XVIII ● Granito XX.

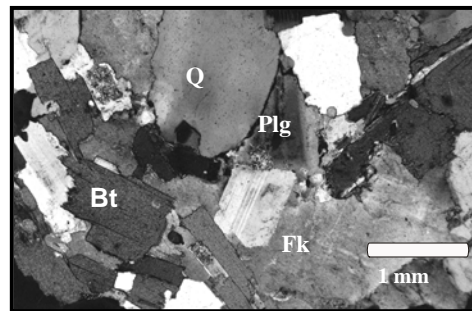


Figura 4: Aspecto microscópico del monzogranito del siglo XVII

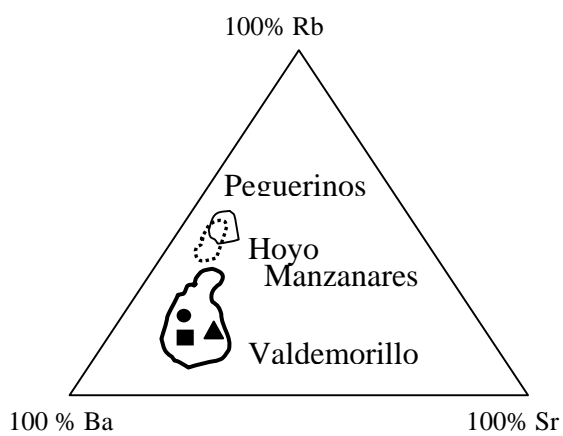


Figura 5: Representación de los granitos del Convento en el diagrama Rb-Ba-Sr.

Tabla 3: *Propiedades petrofísicas los granitos del Convento y de diversas canteras de Madrid.*

PROPIEDADES	Convento Encarnación			Canteras de referencia				
	XVII	XVIII	XX	A ₁	A ₂	B	C	D
Densidad real (gr/cm ³)	2.66	2.65	2.64	2.66	2.68	2.69	2.67	2.67
Densidad aparente (gr/cm ³)	2.47	2.53	2.54	2.60	2.64	2.65	2.64	2.63
Porosidad accesible al Hg (%)	3.97	3.27	1.5	2.81	1.8	2.20	1.69	-
Saturación al vacío (%)	2.87	1.77	1.58	0.91	0.6	0.5	0.5	0.5
V. Ultrasonidos (m/seg)	2478	2650	2820	4103	3558	-	-	-

- A. Monzogranito biotítico de grano medio-grueso, canteras Valdemorillo.(A₁ equigranular, A₂ porfídica).
 B. Monzogranito biotítico de grano medio con cordierita con enclaves, canteras Alpedrete.
 C. Monzogranito biotítico, canteras de Zarzalejo.
 D. Monzogranito biotítico de grano medio, canteras de Navas del Marqués.

Tabla 1: *Análisis químico de los granitos del Convento y diversas canteras de referencia.*

(%)	Convento Encarnación			Canteras de referencia					
	XVII	XVIII	XX	A ₁	A ₂	B	C	D	E
SiO ₂	68.77	69.21	68.59	70.1	68.1	76.37	70.19	69.57	73.86
Al ₂ O ₃	15.74	15.66	14.69	15.4	15.6	12.59	15.18	14.72	13.57
Fe _{TOTAL}	2.98	2.94	3.35	2.91	3.6	0.83	2.68	0.50	1.51
MnO	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05	0.06	0.05	0.05
MgO	0.88	0.89	1.16	0.82	0.87	0.03	0.48	0.62	0.29
CaO	2.31	2.65	2.51	2.41	1.94	0.28	2.10	2.47	1.10
Na ₂ O	3.3	3.43	2.82	3.05	3.06	3.46	3.40	3.30	3.23
K ₂ O	3.94	3.72	4.17	4.09	5.07	4.57	4.06	3.91	4.76
TiO ₂	0.42	0.36	0.46	0.37	0.47	0.04	0.40	0.34	0.17
P ₂ O ₅	0.22	0.27	0.37	0.19	0.17	0.00	0.16	-	0.04
PF	1.24	1.08	1.65	1.17	0.87	1.13	0.60	0.71	0.81

- A. Monzogranito biotítico de grano medio-grueso tipo Valdemorillo. A₁ equigranular y A₂ porfídica.
 B. Monzogranito de grano grueso porfídico con cordierita tipo Hoyo de Manzanares. Villaseca et al, 1993.
 C. Monzogranito de grano medio con biotita y cordierita con enclaves tipo Alpedrete. Bellido et al, 1991.
 D. Monzogranito biotítico de grano medio tipo Atalaya Real. Bellido et al, 1991.
 E. Granito biotítico tipo Peguerinos. Bellido et al, 1991.

Tabla 2: *Análisis químicos de REE en los granitos muestreados.*

ppm	Convento Encarnación			Canteras Valdemorillo	
	XVII	XVIII	XX	A ₁	A ₂
SumREE	138.2	118.4	131.8	158.4	153.9
SumLREE	124.5	105.4	117.5	143	136.3
SumHREE	13.7	12.96	14.26	15.37	17.52
Eu/Sm	0.15	0.16	0.13	0.13	0.12
LREE/HREE	9.10	8.13	8.24	9.30	7.78