

Comparación de propiedades petrográficas y petrofísicas de tres fragmentos escultóricos para determinar su pertenencia al sepulcro de Nuno Freire de Andrade II (siglo XIV).

FREIRE-LISTA, D. M.¹

¹ Instituto de Geociencias IGEO (CSIC, UCM) Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) – Universidad Complutense de Madrid (UCM). Madrid, España (dafreire@geo.ucm.es)

² Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) Quinta de Prados, 5001-801 Vila Real, Portugal

³ Centro de Geociências da Universidade de Coimbra (CGeo) Rua Silvino Lima. Universidade de Coimbra - Polo II, 3030-790 Coimbra, Portugal

DOI:10.17979/cadlaxe.2018.40.0.4920

enviado 1/1/2018 aceptado 12/12/2018

Resumen

Tres fragmentos de piedra que representan una cabeza, un cuerpo y una tapa de sarcófago atribuidos a la lauda de Nuno Freire de Andrade II, Gran Maestre de la Orden de Cristo del siglo XIV, fueron analizados para determinar sus propiedades petrográficas, velocidad de propagación de ondas de ultrasonido y color. Los resultados indican que las piedras corresponden a tres tipos litológicos con distinta petrografía, velocidad de propagación de ondas P, color y variación de color entre secas y húmedas. El fragmento de la cabeza corresponde a un ortogneis, el del cuerpo a una granodiorita y el de la tapa de sarcófago a un leucogranito. A partir de estos datos se infiere que ninguno de los tres fragmentos ha formado parte de la misma lauda, ya que las tapas de sarcófagos medievales gallegas talladas en granito estaban hechas en un único bloque de piedra.

Abstract:

Three fragments of stone representing a head, a body and a sarcophagus lid, and attributed to the grave of Nuno Freire de Andrade II, Grand Master of the Order of Christ (fourteenth century), were analysed to determine their petrographic, ultrasonic P-wave pulse velocity, and colour properties. The results indicate that the stones correspond to three lithological types (ortogneis, granodiorite and leucogranite) with different ultrasonic P-wave pulse velocity, colour and colour variation between dry and wet. From these data it is inferred that none of the three fragments have been part of the same sarcophagus lid, since the granite lids of medieval Galician sarcophagus were carved in a single block of stone.

Palabras clave: petrografía, ondas de ultrasonido, estudios cromáticos, escultura, arqueología.

INTRODUCCIÓN

El granito es la piedra de construcción más utilizada en Galicia a lo largo de la historia debido a su abundancia, aspecto y gran durabilidad (Sanjurjo y Alves, 2006). Hoy en día su explotación y exportación es un importante activo de esta comunidad autónoma y del Norte de Portugal.

El Complejo de Ordes, el mayor de los macizos alóctonos con rocas máficas y ultramáficas de Galicia y el Norte de Portugal se ha subdividido en la unidad de Santiago, de Vila de Cruces, de la Sierra del Careón-Bazar, de Sobrado-Melide y de Betanzos-Arzúa.

La unidad de Betanzos ocupa la posición estructural más alta y está compuesta básicamente de rocas metamórficas e ígneas: 2000-3000 m de esquistos, ortogneis, paragneis, cuarcitas, granitos de dos micas, leucogranitos, granodioritas y rocas máficas, ultramáficas (Martínez Catalán et al., 1984, 1996, 1997, 2002; Abati et al., 1999).

Los granitos más cercanos a la ciudad de Betanzos (A Coruña, España) se encuentran en el plutón de A Espenuca, al Este, y en el plutón de Guitiriz, al Sureste. (Aranguren y Tubía, 1989; Ortega Cuesta et al., 1994, Menéndez et al. 2000), aproximadamente a 5 y 25 Km de distancia respectivamente.

En el plutón de A Espenuca se distinguen tres facies: la denominada de borde, que es la más deformada; la muy deformada, en el sector centro Norte; y la menos deformada, que está constituida por granitos de dos micas con cuarzo, feldespato potásico (microclina), plagioclasa, moscovita poikilitica

y biotita. Localmente puede presentar fenocristales de feldespato potásico y biotita. En su parte occidental aparece un leucogranito en donde se han instalado las canteras históricas de Vilarmaior y Nogueirido (Fig. 1).

El plutón de Guitiriz está formado principalmente por granito biotítico con megacristales de feldespato potásico (facies Puebla de Parga), granito de dos micas equigranular de tamaño de cristal medio a grueso (facies Friol), y leucogranito de dos micas de tamaño de cristal fino (facies Mariz).

Las piedras de las inmediaciones de Betanzos han sido utilizadas en sepulturas medievales, las cuales reflejaban la condición moral y social del difunto. La efigie o bulto funerario evoluciona desde las tumbas llanas, con escaso relieve; las yacentes, con el relieve del cuerpo tumbado; hasta la estatua orante, en donde la efigie del difunto se representa en posición de rezo (Cendón Fernández, 2016, 2017). En los sepulcros de caballeros yacentes medievales gallegos de granito de los siglos XIV y XV, la efigie se esculpe en una sola pieza, formando un conjunto unitario con la tapa de sarcófago, que representa el lecho sobre el que descansa la efigie.

Los maestros escultores elegían las piedras dependiendo del precio que podía pagar el contratista, además de la calidad, durabilidad, condiciones estéticas y la facilidad de labra (Colón Alonso, 2012, Yavuz et al., 2017, Barroso et al., 2018). El precio estaba determinado por la disponibilidad de la piedra y la distancia a la que estaban sus canteras (Goodale et al., 2018).

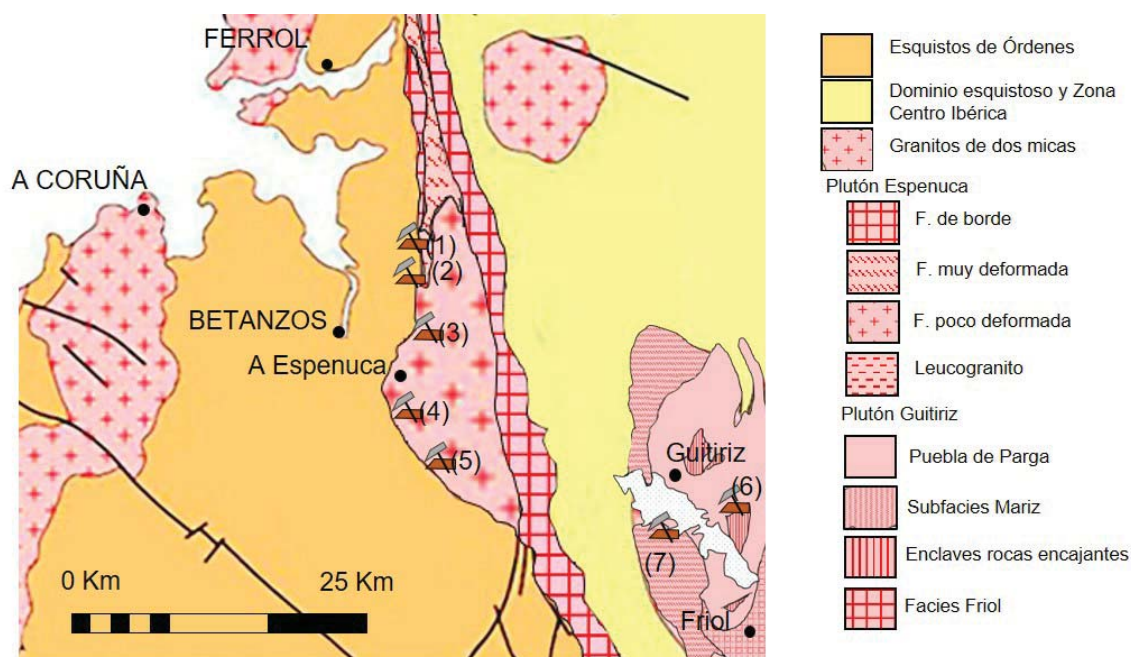


Fig. 1. Esquema geológico regional. Modificado del mapa geológico de España. Hoja 71 Sobrado de los Monjes; Aranguren y Tubía (1994); Abati et al. (1999). (1) canteras históricas de Vilarmaior, (2) Canteras históricas de Nogueirido, (3) Canteras históricas de Areas, (4) Canteras históricas de Figueiras, (5) Canteras históricas de Monte do Gato, (6) Canteras históricas de Parga, (7) Canteras históricas de Mariz

El museo de As Mariñas de Betanzos conserva piezas arqueológicas procedentes de la comarca. En su claustro se exponen sepulcros medievales. Algunos completos y otros reconstruidos a partir de donaciones y excavaciones arqueológicas.

El objetivo de este estudio es caracterizar tres fragmentos escultóricos conservados en el museo das Mariñas, determinando sus propiedades petrográficas y petrofísicas. De esta forma, se pretende investigar si estos restos pertenecen al mismo tipo de piedra y por lo tanto pudieron formar parte del sepulcro de Nuno Freire de Andrade II (Erias Martínez 1991; 2001), Gran Maestro de la Orden de Cristo y abanderado de los reyes Pedro I y Fernando I de Portugal del siglo XIV.

Los Andrade son una estirpe de nobles caballeros gallegos, documentados desde el siglo XII, que se establecieron en las tierras del condado de Trastámara, principalmente

en Betanzos y Pontedeume. Fueron mecenas de edificios, civiles y religiosos, así como obras literarias principalmente desde mediados del siglo XIV. Nuno Freire de Andrade II se instaló en Portugal desde mediados del siglo XIV, ocupando el cargo de Maestre de Cristo desde 1357 al que se añadiría el de “chanceler-mor” del monarca portugués Pedro I. Más tarde, en el marco del conflicto abierto entre petristas (fieles a la causa legitimista tras la muerte de Pedro I de Castilla) y trastamaristas (partidarios del nuevo rey Enrique II), Nuno Freire de Andrade II viaja a Galicia acompañando al rey Fernando I de Portugal, donde es designado como Gobernador de A Coruña entre 1369 y 1371. Posteriormente, tras la paz de Alcoutim, es depuesto de su cargo de gobernador y se refugia en Betanzos, regresando a Portugal en 1372, onde probablemente falleció hacia 1373 (Pichel, 2014 y 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los tres fragmentos escultóricos de piedra analizados provienen del monasterio de San Francisco de Betanzos (Erias Martínez, 1991). Se desconoce la obra original para la que han sido esculpidas y se presentan exentas, sin evidencias de haber estado unidas: las fracturas de sus bordes son asimétricas y no se observa rastro de mortero. Corresponden a una cabeza de aproximadamente 31 cm de largo y 15 cm de ancho y 13 cm de fondo (Fig. 2b). La cabeza lleva un tocado, capiello en forma de boina, peinado con raya al medio. Las cejas altas, alineadas con la nariz. Los ojos están cerrados y se remarca la fisura palpebral. Los pómulos son prominentes, la barba ondulada con bigote, los labios poco marcados mostrando una ligera sonrisa. Esta cabeza de piedra estaba depositada en el sótano del monasterio de San Francisco antes de su traslado al museo das Mariñas.

Otro fragmento pétreo analizado, designado como cuerpo, tiene aproximadamente 113 cm de largo, 45 cm de ancho y 28 cm de fondo. Representa una túnica talar con mangas y pliegues desde el cuello hasta la altura de los tobillos (Fig. 2c). El brazo derecho está doblado hacia el corazón y la mano izquierda porta una espada recta enfundada en su vaina, con el tahalí envuelto alrededor. Presenta una cruceta rectangular y plana. La decoración del pomo es irreconocible debido al deterioro. La superficie es la más rugosa de los tres fragmentos y se observa disgregación granular. Esta pieza también estaba depositada en el sótano del monasterio de San Francisco antes de su conservación en el museo das Mariñas.

El tercer fragmento corresponde a la base de la tapa de un sarcófago de aproxima-

damente 157 cm de largo, 58 cm de ancho y 30 cm de alto. Tiene una fractura oblicua que la divide en dos. La superficie del perímetro lateral está pulida y presenta una decoración de pliegues simétricos que simulan tela. La parte superior ha sido eliminada para aplanarla y aprovecharla como piedra de cantería, desconociendo la figura que estaba representada en ella (Fig. 2d). Antes de su conservación en el museo das Mariñas, esta tapa de sarcófago fue reutilizada como sillar en una pared del edificio occidental del monasterio de San Francisco (Erias Martínez, 2012).

Se han elaborado tres láminas delgadas de pequeñas lascas desprendidas de cada fragmento para su estudio petrográfico. Fue utilizado un microscopio Olympus BX 51 equipado con una cámara fotográfica digital acoplada DP (6 V / 2,5 Å) Olympus junto con el software DP-Soft Olympus (versión 3.2). Se realizaron microfotografías con luz polarizada para construir un micromosaico de aproximadamente 30 mm² de cada una de las tres láminas delgadas.

Las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa) del emplazamiento donde están conservadas las piedras fueron determinadas con un termohigrómetro digital portátil HIBOK 310 con sonda desplazable. Esta sonda se ha colocado a 1 cm de la pared en donde está encastrada la cabeza y el cuerpo (Fig. 2a). Obteniendo los valores de 66,4% de humedad y 23,1 °C de temperatura en el momento de realizar las medidas.

La velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas P (Vp) de cada fragmento escultórico se midió con un CNS Electronics PUNDIT equipment (precisión: $\pm 0.1 \mu\text{s}$). Los transductores de 1 KHz y 10 mm de diámetro se colocaron enfrentados, procurando que los planos fuesen paralelos y poco rugo-

Los transductores se fijaron a la superficie con pasta Henkel Sichozell Kleister para mejorar el contacto con la piedra. Se realizaron 10 medidas de V_p en cada fragmento y se calculó su media. Las medidas han sido tomadas en la misma dirección para cada fragmento escultórico: los transductores se colocaron en el eje horizontal en la cabeza y el cuerpo, y en la tapa de sarcófago en el eje vertical.

Para el cálculo de las coordenadas cromáticas se ha utilizado una cámara de dos lentes: una RGB de 12 MP y otra monocroma de 20 MP con luminosidad de f2.2, desarrollada por Leica (el iluminante ha sido el estándar CIE D65). Se han realizado 10 medidas de color en cada fragmento, estableciendo la media para cada elemento analizado. Después se ha humedecido cada fragmento con un paño empapado en agua y se han vuelto a realizar 10 medidas del color en las piezas mojadas. Los parámetros utilizados fueron: luminosidad (L^*), coordenada cromática de rojo a verde (a^*) y coordenada cromática de azul a amarillo (b^*), obtenidos con el software Color Grab. Una vez calculada la media de las coordenadas cromáticas de cada fragmento pétreo seco y húmedo, se ha determinado la diferencia de color, $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ la cual permite establecer un valor comparativo del color de las piedras y la diferencia de color para cada piedra en estado seco y húmedo.

RESULTADOS

La petrografía del fragmento correspondiente a la cabeza indica que se trata de una piedra metamórfica, inequigranular, con

tamaño de cristal de fino a grueso, textura porfiroblástica y bandeado composicional-granulométrico. Los blastos están orientados de manera que, junto las pequeñas biotitas y moscovitas, definen la foliación en la que se alternan bandas milimétricas. El cuarzo es subhedral, aparece en blastos en la matriz y en forma de agregados policristalinos con microestructuras características de deformación como extinción ondulante, texturas en mosaico y límites muy irregulares con indentaciones en los blastos vecinos. Los feldespatos son anhedrales, con migración de límites y pocos signos de alteración. El máfico principal es biotita, orientada paralela a la foliación, formando cristales tabulares de tamaño fino. El apatito es un mineral accesorio. La matriz es de tamaño fino ($< 0,5$ mm) y envuelve ligeramente a los minerales de mayor tamaño (> 1 mm). Está compuesta principalmente de cuarzo, feldespato y en menor medida biotita y moscovita. Esta piedra se clasifica como un ortogneis (Fig. 3).

El cuerpo está esculpido en una piedra ígnea equigranular de tamaño de cristal fino. Plagioclasas (65–70% vol.; 1–3 mm), cuarzos (20–25% vol.; 1–2 mm), feldespatos potásicos (5–10% vol.; 1–3 mm), biotita (1–5% vol.; 0,2–0,5 mm) y moscovita (1–5% vol.; 0,2–1 mm). El feldespato más abundante es la plagioclasa, aunque el feldespato potásico también es un mineral principal. Las biotitas y moscovitas son de menor tamaño y están elongadas y ligeramente orientadas. En la plagioclasa se observa una intensa alteración, su zonado composicional genera alteración pseudoconcéntrica. Esta piedra se clasifica como granodiorita (Fig. 3).

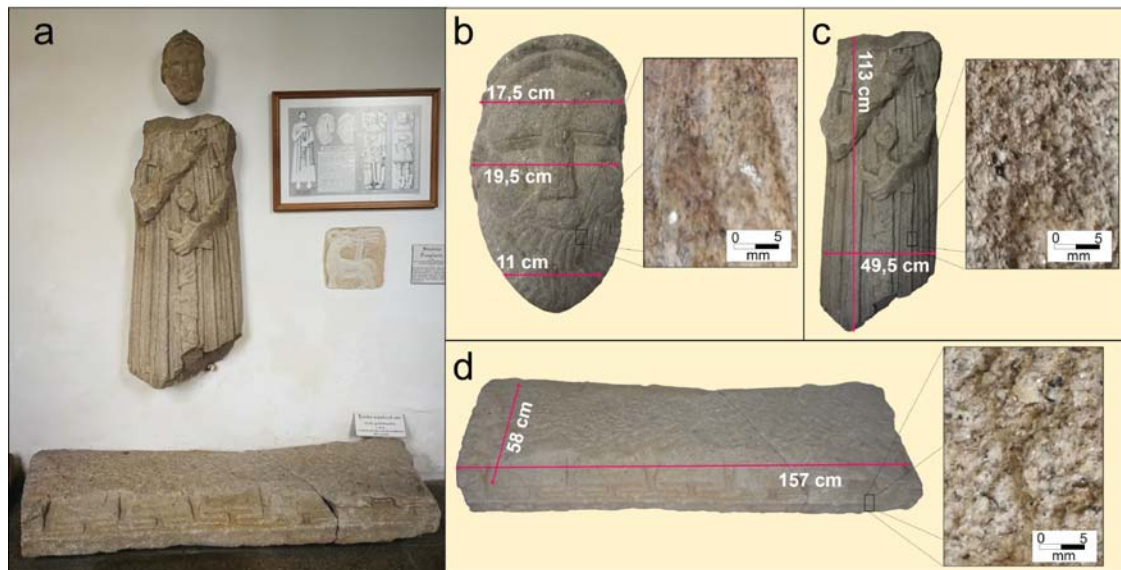


Fig. 2. Fragmentos pétreos escultóricos analizados. a. Ubicación de los tres fragmentos en el museo das Mariñas de Betanzos (A Coruña). b. Cabeza, c: Cuerpo, d: Tapa de sarcófago.

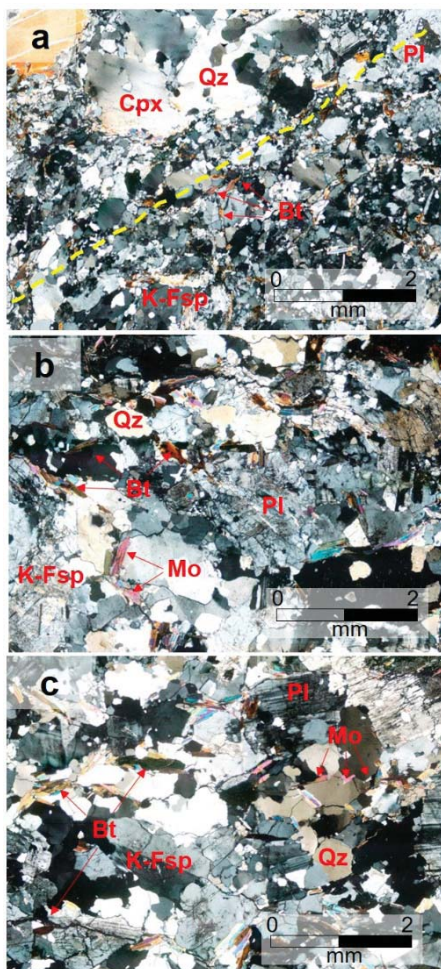


Fig. 3. Micromosaico de microfotografías de las láminas delgadas realizadas con microscopio petrográfico con nicoles cruzados a partir de las lascas extraídas de la cabeza (a), del cuerpo (b) y de la tapa de sarcófago (c). Bt: biotita, K-Fsp: Feldespato potásico, Qz: cuarzo, Pl: Plagioclasa. La línea amarilla de la figura a representa la dirección de foliación.

La tapa de sarcófago presenta tamaño de cristal ligeramente menor, cuarzo (50–55% vol.; 1–1,5 mm), feldespato potásico (20–25% vol.; 1–2 mm), plagioclasa (20–25% vol.; 1–2 mm), moscovita (1–5% vol.; 0,5–1,5 mm) y biotita (1–5 vol.; 0,2–1,5 mm). Los feldespatos están menos alterados

y se observa mayor cantidad de puntos triples. Esta piedra se clasifica como leucogranito.

Los tres fragmentos mostraron distinta V_p , siendo la piedra de la tapa de sarcófago la que mayor V_p ha mostrado y la de la cabeza la que menor (Tabla 1).

Tabla 1. Velocidad de propagación de ultrasonidos (V_p) para cada fragmento escultórico analizado.

	V_p (m/s)
CABEZA	1680 ± 93
CUERPO	2035 ± 88
TAPA	2398 ± 108

Los tres fragmentos escultóricos tienen distinto color. Sus parámetros cromáticos se muestran en la tabla 2 y figura 4. La piedra que compone la tapa de sarcófago es la más clara. La diferencia de color entre la cabeza y el cuerpo es de 11,4, entre el cuerpo y la

tapa es 11,5 y entre la cara y a tapa es de 18,5.

Cada fragmento pétreo ha presentado un característico cambio de color entre el estado seco y mojado, siendo la cabeza la que ha tenido mayor cambio de color.

Tabla 2. Parámetros cromáticos para cada fragmento escultórico analizado.

		L	a*	b*	ΔE^*
CABEZA	Seca	60,7 ± 5,3	3,4 ± 1,2	12,9 ± 4,3	22,4
	Mojada	39,9 ± 9,6	8,4 ± 1,4	19,5 ± 4,2	
CUERPO	Seca	67,7 ± 13,4	0,5 ± 0,6	4,3 ± 1,6	1,1
	Mojada	68,0 ± 6,7	0,7 ± 0,3	5,4 ± 0,9	
TAPA	Seca	78,3 ± 5,1	2,3 ± 1,2	8,5 ± 3,4	10,4
	Mojada	69,2 ± 2,3	3,7 ± 0,5	13,4 ± 0,9	

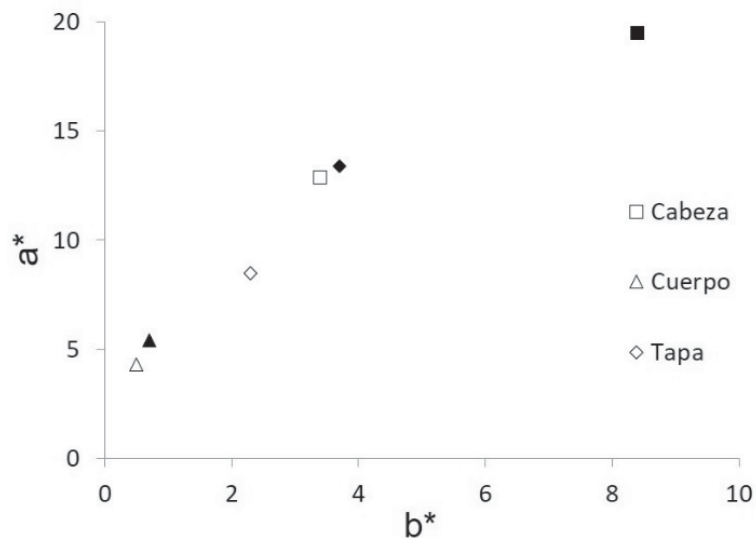


Fig. 4. Representación de los parámetros cromáticos a^* y b^* . Cuadros: cabeza; rombos: cuerpo; triángulos: tapa. Los símbolos rellenos representan las muestras mojadas y los vacíos las muestras secas.

DISCUSIÓN

Las características petrográficas y petrofísicas originales de las piedras determinan su apariencia y utilidad (Sajid et al., 2016, Zoghlami et al., 2017, Vazquez et al., 2018). Además, las condiciones tectónicas y ambientales de la cantera, y la ubicación en donde se encuentre la construcción determinarán su grado de alteración (Takemura et al., 2003; Takemura y Oda, 2004, Eppes y Russell 2017, Abd-Elkareem et al., 2017).

La piedra en la que fue labrada la cabeza es metamórfica, distinta a las del cuerpo y tapa de sarcófago, de origen plutónico. Aunque los tres tipos de piedra tienen mineralogía similar, su concentración mineralógica y textura es distinta. El ortogneis de la cabeza presenta bandeo composicional-granulométrico; mayor porcentaje de cuarzo y menor cantidad de biotitas y moscovitas que las piedras en que fueron esculpidos el cuerpo y la tapa. La granodiorita correspondiente al cuerpo tiene el mayor tamaño de cristal y las

micas del leucogranito de la tapa de sarcófago son más alargadas.

Los feldespatos potásicos y plagioclasas desarrollan distintos mecanismos de alteración debido a su microestructura: planos cristalográficos, como maclas y direcciones de exfoliación. Los feldespatos más alterados se encuentran en el fragmento de granodiorita correspondiente al cuerpo, con mayor disgregación de cristales en su superficie y menor V_p que la tapa de sarcófago, indicando que la granodiorita ha estado expuesta a condiciones de alteración más agresivas que el leucogranito de la tapa de sarcófago. Sin embargo, la cabeza es el fragmento escultórico con menor V_p , debido a que las medidas se han realizado en la dirección perpendicular a su foliación tectónica.

Los bajos valores de V_p obtenidos en las tres piezas indican el estado de deterioro en que se encuentran los fragmentos escultóricos, que presentan microfisuras debidas a la talla, alteración superficial y disgregación granular.

Cada piedra presenta un color característico y distinta variación de color entre seca y mojada. La alta variación de color de la cabeza se relaciona con el tamaño de blastos de la matriz, cuenta con mayor número de microfisuras intercristalinas por donde entra el agua, produciendo mayor cambio de color. El leucogranito (tapa de sarcófago), con menor tamaño de cristal, presenta mayor variación de color que la granodiorita (cuerpo).

La rugosidad observada a simple vista puede estar relacionada con el tipo de deterioro de cada material (Liu et al., 2015; Kronlund et al., 2016; Ündül y Tuğrul, 2016). Se distinguen 3 tipos de talla. La más esmerada corresponde a los laterales de la tapa de sarcófago. Sus elementos simétricos, representando pliegues de tela, son los que mayor grado de pulimento alcanzan (Fig. 2d). Seguido por el cuerpo, con detalles en la espada y pliegues de la vestimenta, aunque este fragmento presenta mayor rugosidad superficial debido a la alteración de los feldespatos. Por último, la cabeza tiene una talla más sencilla y tosca.

Los fragmentos han estado sometidos a distintas condiciones ambientales. La granodiorita correspondiente al cuerpo tiene el mayor grado de alteración de sus feldespatos y disgregación mineral superficial, posiblemente ha estado expuesta a la intemperie durante un largo período de tiempo. La cabeza no presenta una alteración superficial tan aguda, por lo que su conservación ha sido en condiciones menos agresivas. El deterioro que presenta la tapa de sarcófago es antrópico, producido por la eliminación de su parte superior. El hecho de que este fragmento escultórico fuese reutilizado para formar parte de la pared del monasterio de San Francisco de Betanzos ha permitido que presente menor alteración química en su mineralogía.

CONCLUSIONES

La petrografía ha aportado información complementaria a los datos iconográficos y gracias a ella se ha podido determinar el tipo de piedra utilizada para tallar cada fragmento escultórico. Para la cabeza se ha utilizado un ortogneis, para el cuerpo una granodiorita y la tapa de sarcófago ha sido esculpida en un leucogranito.

Cada fragmento ha estado sometido a distintas condiciones ambientales. La granodiorita correspondiente al cuerpo tiene el mayor grado de alteración de sus feldespatos y disgregación mineral superficial, lo que le otorga mayor rugosidad superficial. Este fragmento ha estado expuesto a condiciones de alteración más agresivas y por lo tanto tiene mayor alteración química que los fragmentos pétreos de la cabeza y de la tapa de sarcófago.

Cada una de las tres piedras tiene una característica Vp. El leucogranito que constituye la tapa de sarcófago tiene la mayor Vp debido a su menor grado de alteración. Ha estado protegido de la intemperie al formar parte del muro del monasterio de San Francisco de Betanzos como material reutilizado. El ortogneis presentó la menor Vp debido a su foliación tectónica. Además el color es distinto para cada fragmento de piedra. Cada uno presenta diferente variación de color entre el estado seco y húmedo.

Los datos obtenidos indican que las piedras no corresponden a la misma litología, por lo que se descarta su posible pertenencia a un mismo sepulcro.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por la Comunidad de Madrid bajo el proyecto

GEOMATERIALES-2CM (S2013/MIT-2914). En el momento de publicación de este artículo el autor disfruta de un contrato postdoctoral CEECIND 2017 de la FCT en el CGeo de Portugal.

Los análisis petrográficos y las láminas delgadas han sido realizadas en el Departamento de Petrología y Geoquímica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM y en el laboratorio de Petrofísica del Instituto de Geociencias IGEO (CSIC-UCM).

Agradecer al Dr. Alfredo Erias Martínez y a José María Veiga Ferreira del museo das Mariñas por su implicación en este trabajo y ayuda en la toma de datos. Así mismo agradecer al Dr. Ricardo Pichel Gotérrez por la documentación facilitada sobre Nuno Freire de Andrade II y al Dr. Bonifacio Estevan por su ayuda y blog: <<http://caballerosyarte.blogspot.com.es>>

REFERENCIAS

- ABATI, J.; DUNNING, G.; ARENAS, R.; DÍAZ GARCÍA, F.; GONZÁLEZ CUADRA, P.; MARTÍNEZ CATALÁN, J. R.; ANDONAEGUI, P. (1999). Early Ordovician orogenic event in Galicia (NW Spain): evidence from U–Pb ages in the uppermost unit of the Ordenes Complex. *Earth and Planetary Science Letters*. 165(2): 213-228. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(98\)00268-4](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(98)00268-4)
- ABD-ELKAREEM, E.; ASRAN, M.; EL SHATER, A. (2017). Damage blocks granite of philip arrhidaeus compartment and its source and treatment, Karnak, Egypt. *Egyptian Journal of Archaeological and Restoration Studies*. 7. 111-121. DOI: 10.21608/EJARS.2017.6836
- ARANGUREN, A.; TUBÍA, J.M. (1989). Análisis estructural de los macizos graníticos de Puebla de Parga y Friol. *Studia Geologica Salmanticensia*. 4: 1726.
- ARANGUREN, A.; TUBÍA, J.M. (1994). Características estructurales y modelo de emplazamiento del Plutón de Guitiriz (Galicia). *Revista de la Sociedad Geológica de España*. 7 (1-2): 63-73.
- BARROSO, C. E.; OLIVEIRA, D. V.; RAMOS, L. F. (2018). Vernacular schist farm walls: materials, construction techniques and sustainable rebuilding solutions, *Journal of Building Engineering*. 15: 334-352, ISSN 2352-7102, <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2017.12.001>.
- CENDÓN FERNÁNDEZ, M. (2016). La memoria pétrea en la Castilla bajomedieval: reyes y caballeros. *Cuadernos del CEMyR*. 24: 145-173.
- CENDÓN FERNÁNDEZ, M. (2017). La imagen póstuma del caballero en la castilla bajomedieval: metonimias de su condición. *Signum*. 18(1): 60-87.
- COLÓN ALONSO, M. (2012). Transformaciones históricas en el convento de San Francisco de Betanzos. Tesis doctoral. Departamento de Representación e Teoría Arquitectónicas Universidade da Coruña.
- EPPEL, M. C.; RUSSELL, K. (2017). Mechanical weathering and rock erosion by climate-dependent subcritical cracking. *Rev. Geophys.* 55, doi:10.1002/2017RG000557
- ERIAS MARTÍNEZ, A. (1991). Xente da Baixa idade Media (III). Sancha Rodríguez, muller de Andrade, e Nuño Freire, Mestre de Christus. *Anuario Brigantino*. 32: 309-322.
- ERIAS MARTÍNEZ, A. (2001). Caballeros medievales de Galicia. Símbolos de un mito lejano. *Restauración y Rehabilitación*. 29-35.

- ERIAS MARTÍNEZ, A. (2012). Capiteis do destruído «moesteiro» de San Francisco e outros restos do desastre. *Anuario Brigantino*. 35: 349-382.
- GOODALE, N.; BASSETT, M.; BAILEY, D.G.; LASHD, R.; KUIJT, I. (2018). Early medieval seascapes in Western Ireland and the geochemistry of ecclesiastical cross stones. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 19: 894-902, <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.06.015>
- KRONLUND, D.; LINDÉN, M.; SMÅTT, J.H. (2016). A polydimethylsiloxane coating to minimize weathering effects on granite. *Construction and Building Materials*. 124: 1051-1058. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.146>
- LIU, C.; HUANG, S.; KANG, Y.; LIU, X. (2015). A prediction model for uniaxial compressive strength of deteriorated rocks due to freeze-thaw. *Cold Regions Science and Technology*. 120: 96-107. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2015.09.013>
- MARTÍNEZ CATALÁN, J. R.; KLEIN, E.; DE PABLO MARCIÁ, J. G.; GONZÁLEZ LODEIRO, F. (1984). El Complejo de Ordenes: Subdivisión, descripción y discusión sobre su origen. *Cuadernos do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*. 7: 139-210.
- MARTÍNEZ CATALÁN, J. R.; ARENAS, R.; DÍAZ GARCÍA, F.; RUBIO PASCUAL, F. J.; ABATI, J.; MARQUÍNEZ, J. (1996). Variscan exhumation of a subducted Paleozoic continental margin: the basal units of the Ordenes Complex, Galicia, NW Spain. *Tectonics*. 15 (1):106-121. DOI: 10.1029/95TC02617
- MARTÍNEZ CATALÁN, J. R.; ARENAS, R.; DÍAZ GARCÍA, F.; ABATI, J. (1997). Variscan accretionary complex of northwest Iberia: Terrane correlation and succession of tectonothermal events. *Geology (Boulder Colo.)*. 25 (12): 1103-1106.
- MARTÍNEZ CATALÁN, J. R.; DÍAZ GARCÍA, F.; ARENAS, R.; ABATI, J.; CASTIÑEIRAS, P.; GONZÁLEZ CUADRA, P.; GÓMEZ BARREIRO, J.; RUBIO PASCUAL, F. J. (2002). Thrust and detachment systems in the Ordenes Complex (northwestern Spain): implications for the Variscan- Appalachian geodynamics». en MARTÍNEZ CATALÁN, J.R.; HATCHER, R.D.; ARENAS, R.; DÍAZ GARCÍA, F. (Eds.), *Variscan- Appalachian Dynamics: The Building of the Late Paleozoic Basement*, Spec. Pap. - Geol. Soc. Am., 364: 163-182. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2364-7.163>
- MENÉNDEZ, M.; ORTEGA, L. Á.; ARANGUREN, A., GIL IBARGU-CHI, J. I. (2000). Participación de magmas mantélicos en la génesis de granitos sin-cinemáticos Hercínicos: evidencias petrológicas y geoquímicas (macizo de Guitiriz, Noroeste de España. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*. 25: 269-271.
- ORTEGA CUESTA, L.; CARRACEDO, M.; LARREA, F. J.; GIL IBARGU-CHI, J. I. (1994). Geoquímica del granito de dos micas de A Espenuca: origen y evolución. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*. 19: 319-333. ISSN: 0213-4497.
- PICHEL, R. (2014). Nuno Freire de Andrade, Mestre de Cristo. Tradición e vínculos dos Andrade co reino portugués. *Madrygal. Revista de Estudos Gallegos*. 17: 99-113. http://dx.doi.org/10.5209/rev_MADR.2014.v17.45741

- PICHEL, R. (2017). La *Historia troyana* de Pedro I y su proyección en la Galicia atlantista. *La corónica: A Journal of Medieval Hispanic Languages, Literatures, and Cultures*. 45(2): 209-240. <https://doi.org/10.1353/cor.2017.0010>
- SANJURJO, J.; ALVES, C.A.S. (2006). Degradación de rocas graníticas empleadas como material de construcción en edificios históricos de A Coruña (NW España). *Cadernos Laboratorio Xeolóxico de Laxe*. 31:11-28.
- SAJID, M.; COGGAN, J.; ARIF, M.; ANDERSEN, J.; ROLLINSON, G. (2016). Petrographic features as an effective indicator for the variation in strength of granites. *Engineering Geology*. 202: 44-54. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2016.01.001>
- TAKEMURA, T.; GOLSHANI, A.; ODA, M.; SUZUKI, K. (2003). Preferred orientations of open microcracks in granite and their relation with anisotropic elasticity. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*. 40: 443-454. [https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(03\)00014-5](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(03)00014-5)
- TAKEMURA, T.; ODA, M. (2004). Stereology-based fabric analysis of microcracks in damaged granite. *Tectonophysics*. 387 (1-4): 131-150. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.06.004>
- ÜNDÜL, Ö.; TUĞRUL, A. (2016). On the variations of geo-engineering properties of dunites and diorites related to weathering. *Environmental Earth Sciences*. 75: 1326. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6152-x>
- VAZQUEZ, P.; SÁNCHEZ DELGADO, N.; CARRIZO, L.; THOMACHOT SCHNEIDER, C.; ALONSO, F.J. (2018). Statistical approach of the influence of petrography in mechanical properties and durability of granitic stones. *Environmental Earth Sciences*. 77: 287. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7475-6>
- YAVUZ, A. B.; KAPUTOĞLU, S. A.; ÇOLAK, M.; TANYU, B. F. (2017). Durability assessments of rare green andesites widely used as building stones in Buca (Izmir), Turkey. *Environmental Earth Sciences*. 76 (5), art. no. 211. DOI: 10.1007/s12665-017-6531-y
- ZOĞHLAMI, K.; MARTÍN-MARTÍN, J. D.; GÓMEZ-GRAS, D.; NAVARRO, A.; PARCERISA, D.; ROSELL, J.R. (2017). The building stone of the Roman city of Dougga (Tunisia): Provenance, petrophysical characterisation and durability. *Comptes Rendus Geoscience* 349: 402-411. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2017.09.017>