

# Rasgos petrológicos discriminantes entre granitoides de canteras históricas de la Sierra de Guadarrama y Montes de Toledo para el estudio de procedencia de materiales arqueológicos

*Discriminant petrological features between granitoids from historic quarries of the Guadarrama Range and Toledo Mountains for the study of the provenance of archaeological materials*

Marina Campos-Gómez <sup>1,2\*</sup>, Javier Martínez-Martínez <sup>1</sup>, José Francisco Mediato <sup>1</sup>, Idael F. Blanco-Quintero <sup>2</sup>, David Benavente <sup>2</sup> y Virginia García-Entero <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Geológico y Minero de España (CN IGME-CSIC), La Calera, Tres Cantos, Madrid 28760, (España).

[mcg175@alu.ua.es](mailto:mcg175@alu.ua.es), [javier.martinez@igme.es](mailto:javier.martinez@igme.es), [jf.mediato@igme.es](mailto:jf.mediato@igme.es)

<sup>2</sup> Dpto. de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante, 03690, San Vicente del Raspeig, Alicante (España).

[if.blanco@ua.es](mailto:if.blanco@ua.es), [david.benavente@ua.es](mailto:david.benavente@ua.es)

<sup>3</sup> Dpto. de Prehistoria y Arqueología. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Calle Senda del Rey, 7. 28040 Madrid.

[vgarciaentero@geo.uned.es](mailto:vgarciaentero@geo.uned.es)

\*Autor de correspondencia

## ABSTRACT

This study focuses on characterizing samples from 23 historic quarries near the Santa María de Abajo archaeological site in Carranque (Toledo). These quarries are located in the Sierra de Guadarrama and the Montes de Toledo batholith. Characterization is performed through petrographic and radiometric analyses to establish discriminant criteria and determine the possible origin of the granitic materials used in Carranque. The results indicate that granites from the Sierra de Guadarrama are mainly equigranular, composed of quartz, K-feldspar, plagioclase, and biotite, with low mineral alteration. In contrast, granites from the Montes de Toledo batholith are predominantly inequigranular and contain two micas (biotite and muscovite), along with quartz, K-feldspar, and plagioclase. Average radiometric values support these differences, allowing the establishment of a threshold value (27 CPS) between both groups and a difference in estimated uranium concentrations. This criterion, combined with the presence or absence of muscovite, serves as a potential discriminant for identifying the historic quarries associated with the site.

**Keywords:** Carranque, Guadarrama Range, Batholite of Montes de Toledo, granites.

## RESUMEN

Este estudio se centra en la caracterización de muestras procedentes de 23 canteras históricas del entorno próximo al yacimiento arqueológico de Santa María de Abajo de Carranque (Toledo), ubicadas tanto en la Sierra de Guadarrama como en el batolito de Montes de Toledo. La caracterización se aborda mediante análisis petrográfico y radiométrico con el objetivo de obtener criterios discriminantes para llegar a conclusiones sobre la posible procedencia de los materiales graníticos usados en Carranque. Los resultados muestran que los granitos procedentes de la Sierra de Guadarrama son mayoritariamente equigranulares, compuestos por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y biotita, con poca alteración en estos minerales. En contraste, los granitos de las canteras del batolito de los Montes de Toledo son predominantemente inequigranulares, y presentan dos micas (biotita y moscovita), además de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa. Los valores promedio radiométricos muestran también diferencias, permitiendo establecer un valor umbral entre ambos grupos (valor umbral: 27 CPS) además de una diferencia en las concentraciones estimadas de uranio. Este criterio, unido a la presencia/ausencia de moscovita, son potenciales discriminantes para la identificación de las canteras históricas asociadas al yacimiento.

**Palabras clave:** Carranque, Sierra de Guadarrama, Batolito de Montes de Toledo, granitos.

Geogaceta, 78 (2025), 51-54

<https://doi.org/10.55407/geogaceta113619>

ISSN (versión impresa): 0213-683X

ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 07/02/2025

Fecha de revisión: 24/04/2025

Fecha de aceptación: 30/05/2025

## Introducción

El transporte de materiales pétreos desde las zonas de cantería hasta las construcciones arquitectónicas era un proceso complicado y, en muchos casos, costoso, hasta el siglo XX en donde se desarrollaron nuevos medios y vías de abastecimiento. Tradicionalmente cada cantera tenía asociado un radio de influencia, en las que era viable la distribución de los materiales. Por ello el patrimonio cultural suele ser un reflejo

de la optimización de los recursos más inmediatos. Sin embargo, pueden existir puntos ubicados dentro de áreas de suministro de dos (o más) canteras. En ese caso, el suministro de una cantera u otra dependerá de terceros factores tales como socioeconómicos, culturales, vías de comunicación o la existencia de determinados centros de producción.

Entre el suroeste de la Comunidad de Madrid y el norte de la provincia de Toledo se encuentra el yacimiento arqueológico de Santa María de Abajo de

Carranque, Toledo (Fig. 1) (García-Entero et al., 2021), donde destaca el uso de granitoides como material de construcción (además de otros usos) a lo largo de diferentes fases constructivas y diferentes contextos arqueológicos. Este enclave arqueológico se encuentra dentro del radio de influencia de diversas canteras ubicadas tanto en la Sierra de Guadarrama como en el batolito de Montes de Toledo (Fig. 1), por lo que resulta necesario un análisis discriminatorio previo que establezca criterios para distinguir el



**Fig. 1.- Ubicación geográfica de los puntos de muestreo (canteras históricas) estudiados (Google map), en la zona noroeste se encuentra la zona de la Sierra de Guadarrama y en la zona sur el batolito de los Montes de Toledo, y entre ambos ubicado Carranque. Ver figura en color en la web.**

*Fig. 1.- Geographical location of the sampled sites (historic quarries) studied (Google Maps). In the northwest, the Sierra de Guadarrama is located. In the south, the Montes de Toledo batholith. Between them lies Carranque. See color figure in the web.*

material procedente de un área extractiva u otra. Trabajos similares han demostrado la importancia de estos estudios en la determinación de las áreas fuentes, como las estelas de guerreros grabados en piedra y distribuidas por la provincia de Toledo (Merino Martínez et al., 2019).

Por ello, el objetivo de este estudio es analizar y comparar rasgos petrológicos y radiométricos de granitos muestreados en 23 canteras históricas ubicadas tanto de la Sierra de Guadarrama como del batolito de Montes de Toledo (Fig. 1). El criterio de muestreo, por lo tanto, sigue una directriz extractiva, centrando el estudio en aquellos afloramientos con evidencias de cantería. El análisis comparativo realizado servirá de herramienta diagnóstica para futuros análisis de procedencia del material granítico identificado en el yaci-

miento de Santa María de Abajo (Carranque, Toledo).

## Contexto geológico

La Sierra de Guadarrama y los Montes de Toledo representan unidades geológicas clave dentro de la Zona Centro-Ibérica del Macizo Ibérico, con características litológicas y estructurales que reflejan su evolución tectónica y petrogenética.

La Sierra de Guadarrama, parte del Sistema Central, está dominada por rocas ígneas, leucogranitos, granitos compuestos de una mica (tipo-I) o dos micas (tipo-S) y metamórficas del Neoproterozoico (metasedimentarias) a Paleozoico (ortogneises), con una notable presencia de granitoides Variscos, principalmente

granodioritas y granitos, que conforman el Batolito de Ávila (Bea et al., 2004) o batolito del Sistema Central Español. En contraste, la región de los Montes de Toledo, están compuestos por materiales paleozoicos y grandes masas de granitos, siendo en su gran mayoría tipo-S y en sectores puntuales los cuerpos graníticos están compuestos de dos micas (Barbero y Villaseca, 2004).

A pesar de sus similitudes petrológicas, con la presencia de granitoides, la tectónica ha afectado a ambas regiones de manera distinta: mientras la Sierra de Guadarrama ha experimentado una fuerte reactivación durante la orogenia Alpina, los Montes de Toledo han permanecido más estables desde la consolidación del basamento Varisco (Barbero y Villaseca, 2004).

## Metodología

El presente estudio combinó análisis petrográficos en láminas delgadas y mediciones radiométricas con valores estimados en muestras de mano para caracterizar y diferenciar granitos muestreados en canteras históricas tanto de la Sierra de Guadarrama como del batolito de los Montes de Toledo. Se muestrearon 23 canteras históricas (12 en la Sierra de Guadarrama y 11 en la zona oriental del batolito de los Montes de Toledo) seleccionadas por su proximidad al yacimiento de Carranque y por su contexto histórico-arqueológico (Fig. 1).

Inicialmente, se realizó un análisis macroscópico registrando textura, tamaño de grano y alteración mineralógica. Luego, mediante microscopía óptica de polarización (Nikon 2000, objetivos de 4x y 10x, cámara Cannon 2000 EDS), se examinaron la mineralogía y textura, prestando especial atención a la sericitización de plagioclasa, cloritización de biotita y presencia/ausencia de moscovita magmática, y por tanto es resultado de la cristalización directa del magma.

Para complementar el estudio, se realizaron 5 medidas radiométricas por muestra con un espectrómetro portátil de rayos gamma (RS-230 BGO), determinando la radioactividad natural (CPS) y concentraciones estimadas de K (%), U (ppm) y Th (ppm). Estos valores fueron promediados, para tener valores más representativos que permitieron evaluar diferencias geoquímicas entre los granitos de ambas regiones.

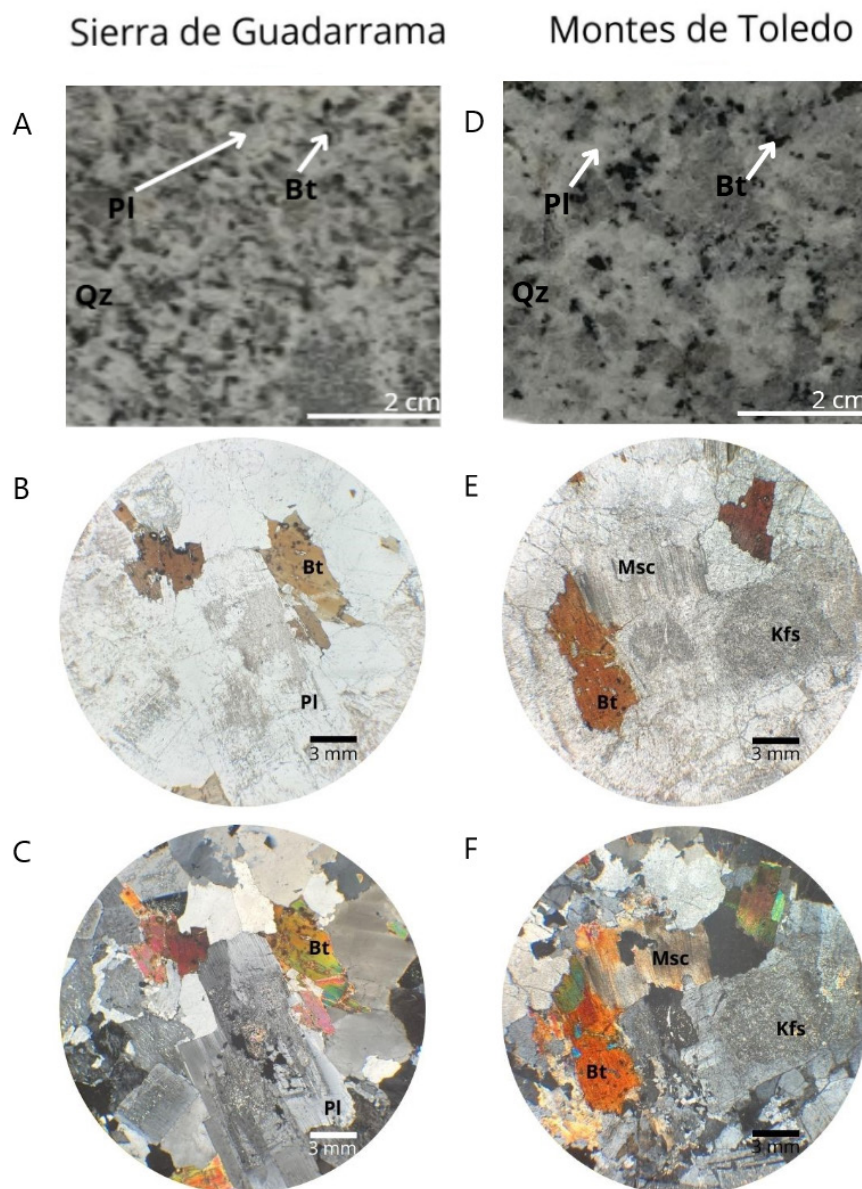
## Resultados

### Descripción petrográfica

Las principales diferencias entre los granitos encontrados en el yacimiento con las canteras de la Sierra de Guadarrama y las de la región de Toledo radican en su textura, paragénesis y alteración mineralógica.

Las muestras procedentes de la Sierra de Guadarrama se caracterizan por una textura holocristalina predominantemente gruesa (Fig. 2 A) con tamaño de grano entre 3-6 mm, y quasi-equigranular, excepto en dos muestras próximas al municipio de Robledo de Chavela, donde predomina el tamaño de grano medio (2-4 mm). El cuarzo suele mostrar extinción ondulante, mientras que la plagioclasa se presenta muy fresca o con muy bajo grado de sericitización, exceptuando las canteras cercanas al municipio de Robledo de Chavela, las cuales están bastante alteradas y sericitizadas. Además, en esas mismas canteras la plagioclasa presenta una extinción ondulante y marcas de deformación (Fig. 2 B). La biotita está cloritizada en todas las muestras (Fig. 2 C), sin halos metamícticos alrededor de circón. Una característica significativa de las muestras tomadas en las canteras históricas de esta región es la ausencia de moscovita magmática, lo que confiere a estas rocas una paragénesis de una mica, aunque algunos cristales postmagmáticos formados por transformación (sub-solidus) de la biotita y la plagioclasa son observadas.

Por otro lado, en la región de Toledo, las muestras tienen una textura holocristalina con tamaño de grano medio (2-4 mm; Fig. 2 D), excepto en 3 de las 11 canteras, que tienen tamaño de grano más fino (0.5-3 mm). Algunas muestras presentan una textura preferencialmente inequigranular. El cuarzo generalmente muestra extinción ondulante (Fig. 2 E), con excepción en 3 muestras, y el feldespato potásico está bastante fresco. La plagioclasa está poco sericitizada en la mayoría de las muestras, excepto en las tres mismas muestras de grano fino mencionadas anteriormente. Se observa zonado oscilatorio normal en la plagioclasa de 4 canteras, mientras que, en la muestra cercana al municipio de Sonseca, no se observa zonado. La biotita está cloritizada, y se observa moscovita magmática (ie., en equilibrio textural con la biotita, feldespatos y cuarzo). La presencia de la



**Fig.2.-** Imágenes de muestra de mano (fila superior) y microscopio petrográfico, tanto en nicols paralelos (segunda fila) como en nicols cruzados (fila inferior) de las muestras estudiadas. Ver figura en color en la web.

Fig. 2.- Sample images of hand specimens (top row) and petrographic microscope views, both in parallel nicols (second row) and crossed nicols (bottom row) of the studied samples. See color figure in the web.

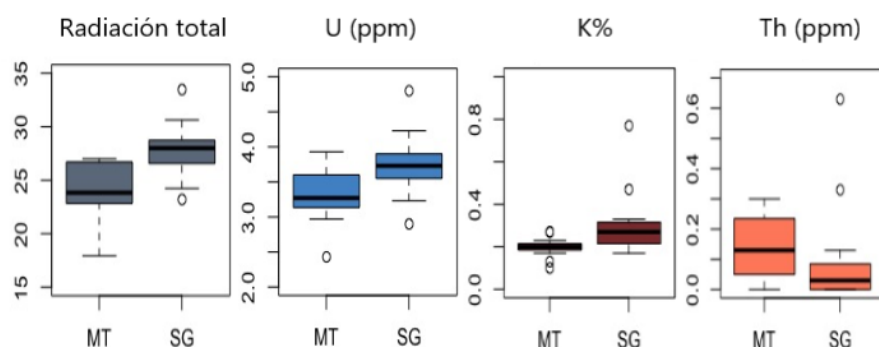
moscovita ígnea en las muestras tomadas de las canteras evidencia la diferencia en la paragénesis de las muestras de ambos sitios (Fig. 2 E). Los circones incluidos en la biotita presentan halos metamícticos en todas las muestras estudiadas de esta región.

### Radiometría de las muestras

Los valores radiométricos medidos en las dos regiones de estudio (Fig.3) muestran diferencias entre la Sierra de Guadarrama y del sector oriental del batolito de los Montes de Toledo. En la figura 3 se representa los valores pro-

medio de cada región donde se observa una distribución diferenciada, con variaciones en la dispersión y en el rango de los datos.

En la Sierra de Guadarrama, los valores radiométricos presentan una mayor variabilidad, con registros que alcanzan valores superiores a 30 CPS (Fig. 3). En contraste, en el batolito de los Montes de Toledo, los valores se concentran en un intervalo más acotado, aproximadamente entre 22 y 27 CPS. En algunos puntos, los valores de ambas regiones se superponen, aunque la distribución general de los datos muestra un claro valor umbral de 27 CPS.



**Fig. 3.- Gráfica comparativa de las medidas totales de radiación y la cantidad de uranio, potasio y torio, entre la Sierra de Guadarrama (SG) y el sector oriental del batolito de los Montes de Toledo (MT). Ver figura en color en la web.**

*Fig. 3.- Comparative graph of total radiation measurements and the amount of uranium, potassium, and thorium between the Sierra de Guadarrama (SG) and the eastern sector of the Montes de Toledo batholith (MT). See color figure in the web.*

En el caso de las concentraciones estimadas de uranio, se observa una distribución parecida a la que se aprecia en los datos de radiometría total. La tendencia general muestra que las canteras de la Sierra de Guadarrama presentan mayores concentraciones estimadas de uranio que las muestras provenientes del batolito de los Montes de Toledo (Fig. 3). Por otro lado, las concentraciones estimadas de K y de Th no son claros discriminantes ya que en el caso de las muestras de las canteras de la Sierra de Guadarrama hay mucha dispersión de datos, generando que el rango discriminante esté poco acotado. Por lo que no serían selectivos para este caso de estudio.

Los análisis radiométricos destacan diferencias en la concentración estimada de elementos de uranio y radiación total, lo que aporta otro potencial discriminante (no destructivo) entre las muestras de cantería estudiadas.

## Conclusiones

La combinación de técnicas destructivas (láminas delgadas para estudios en microscopio petrográfico) y no destructivas (radiométricas con espectrómetro portátil de rayos gamma) son de elevada utilidad en estudios arqueológicos. El análisis petrográfico de las muestras de granito de canteras históricas próximas al yacimiento arqueológico de Carranque,

ubicadas tanto en la Sierra de Guadarrama como en Montes de Toledo, revelan variaciones en el tamaño de grano, textura y grado de alteración.

En general, los granitos muestreados de las canteras históricas en la Sierra de Guadarrama exhiben una textura equigranular predominante, en las que la plagioclasa no está excesivamente sericitizada y presentan biotita como única mica ígnea. Los granitos muestreados de las canteras históricas del batolito de los Montes de Toledo, en cambio, presentan una mayor alteración en la biotita, alterándose a clorita y poco desarrollo de sericita en plagioclasa. Además, en este segundo grupo de muestras, se observa moscovita magmática. Esta ausencia o presencia de moscovita magmática puede ser utilizado como indicador discriminante entre los dos grupos de canteras comparadas.

Finalmente, las diferencias en los valores de radiometría y las concentraciones estimadas de uranio ofrecen otro criterio de discriminación entre los granitos de las canteras de ambas regiones permitiendo establecer un valor umbral de actividad radiométrica total de 27 CPS que diferencia ambas poblaciones. Además, al ser una técnica no destructiva, la hace especialmente útil en estudios arqueológicos donde la conservación del material es prioritaria. No obstante, se necesitaría crear una base de datos mayor utilizando

un mayor número de muestras y un mayor número de afloramientos estudiados de ambas regiones, con la que nutrir futuros estudios en la zona.

## Contribución de los autores

MCG: Estructura del trabajo, metodología, edición, figuras y redacción del manuscrito; JMM y JFM: toma de muestras, revisión del manuscrito, supervisión del trabajo; IFBQ y DB metodología, edición de figuras y revisión del texto; VGE: adquisición de datos, toma de muestras, revisión del texto.

## Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por el proyecto "Materiales para construir una villa: Estudio del material lapídeo empleado en la construcción de los edificios de la villa romana de Carranque", financiado por la Fundación Palarq (IPs: V. García-Entero y J. Martínez-Martínez); y por la beca JAEICU\_24\_01033 del CSIC (autor beneficiario: Marina Campos-Gómez). Los autores agradecen los comentarios realizados por Enrique Merino y 2 revisores anónimos.

## Referencias

- Barbero, L. y Villaseca, C. (2004). Sociedad Geológica de España - Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 110-115.
- Bea, F., Villaseca, C. y Bellido, F. (2004). Sociedad Geológica de España - Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 101-110.
- García-Entero, V., Aranda González, R. y Vidal Álvarez, S. (2021). *Forschungen zu spätromischen Residenzen 1*, Harrassowitz Verlag, Göttingen, 195-203. <https://doi.org/10.3989/aes-pa.096.023.03>
- Merino Martínez, E., Andonaegui, P., Chapa, T., & Pereira Sieso, J. (2019). *Geoarchaeology*, 2019(1), 1-21. Wiley Periodicals, Inc. <https://doi.org/10.1002/gea.21759>