

Estudio mineralógico cuantitativo mediante difracción de Rayos-X de rocas potásicas de la región volcánica neógena del sureste de España: 'lamproitas anómalas'

A mineralogical quantitative X-Ray diffraction study of potassic volcanic rocks from the Neogene volcanic region of southeast Spain: 'anomalous lamproites'

Aitor Cambeses y Jane H. Scarrow

Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n, 18071 Granada, España.
aitorc@ugr.es y jscarrows@ugr.es

ABSTRACT

Given the petrological characteristics of volcanic rocks X-Ray diffraction (XRD) study of their mineralogy is particularly useful. Here we present a new, fast and economical XRD quantification method that was used to characterize the potassic rocks from Zeneta and La Aljorra, Neogene volcanic region of southeast Spain. The XRD modal proportions for both outcrops show a clear correlation with those obtained using traditional petrographic methods. The data indicate that the potassic rocks from La Aljorra have a stronger lamproitic affinity than those from Zeneta, the latter may be considered 'anomalous lamproites'. Our results suggest a general applicability of the new method described to petrological studies.

Key-words: X-Ray diffraction, lamproites, petrographic indicators, Betics, Neogene.

RESUMEN

Dadas las características petrológicas de las rocas volcánicas, es de gran utilidad su estudio mineralógico mediante difracción de Rayos-X (DRX), presentando aquí un nuevo, rápido y económico método de cuantificación. De esta manera se caracterizaron las rocas potásicas de Zeneta y La Aljorra, localizadas en la región volcánica neógena del sureste de España. Las proporciones modales de ambos afloramientos dadas por DRX muestran una excelente correlación con las obtenidas por métodos petrográficos tradicionales. Los datos obtenidos indican que las rocas potásicas de La Aljorra muestran más afinidad lamproítica que las de Zeneta, considerando a estas últimas como 'lamproitas anómalas'. Nuestros resultados sugieren una aplicabilidad general del nuevo método descrito a estudios petrológicos.

Palabras clave: Difracción Rayos-X, lamproitas, indicadores petrográficos, Béticas, Neógeno.

Geogaceta, 52 (2012), 113-116.
ISSN 2173-6545

Fecha de recepción: 15 de febrero de 2012

Fecha de revisión: 26 de abril de 2012

Fecha de aceptación: 25 de mayo de 2012

Introducción

El análisis cuantitativo mediante la técnica de difracción de Rayos X por el método de polvo (Q-PXRD, Martín-Ramos *et al.*, 2012) permite cuantificar de manera precisa varias fases de una muestra cristalina.

Las rocas volcánicas son unas excelentes candidatas para desarrollar esta metodología. En muchos casos el tamaño de grano es muy fino y es difícil determinar las proporciones modales que componen la roca, incluso si se estudia mediante el microscopio petrográfico.

Por lo general las rocas volcánicas ultrapotásicas presentan un tamaño de grano fino condicionado por su rápido enfriamiento además de otros factores (Mitchell y Bergman, 1991). Por esta razón este tipo de rocas son idóneas para estudios mediante

Q-PXRD de forma que se puedan clasificar según Mitchell y Bergman (1991).

En este trabajo se presentan los resultados del estudio Q-PXRD de las rocas volcánicas de Zeneta y La Aljorra, localizadas en la región volcánica neógena del sureste de España, clasificadas como lamproitas (p. ej., Venturelli *et al.*, 1984).

Sin embargo, los resultados obtenidos, además de mostrar las proporciones modales de los minerales que componen las rocas, permitieron observar que las rocas volcánicas de La Aljorra presentan una mayor afinidad lamproítica que las de Zeneta.

Contexto geológico

Las rocas estudiadas se enmarcan en la región volcánica neógena del sureste de Es-

paña, siendo los afloramientos volcánicos de Zeneta y La Aljorra (Fig. 1, López-Ruiz y Rodríguez-Badiola, 1980). Un nuevo estudio de campo de estos cuerpos volcánicos permitió establecer una nueva cartografía y definir nuevas unidades en ambos afloramientos (Cambeses, 2011). En Zeneta se reconocen cuatro unidades, siendo las más importantes las facies volcánicas masivas y peperíticas. Por otro lado en La Aljorra se reconocen cuatro tipos de rocas donde las facies masivas son las más representativas (Cambeses y Scarrow, en revisión).

Materiales y métodos

Para el estudio de Q-PXRD se seleccionaron un total de 52 muestras para Zeneta y 37 para La Aljorra de las cuales 13 muestras de Zeneta y 5 de La Aljorra fueron es-

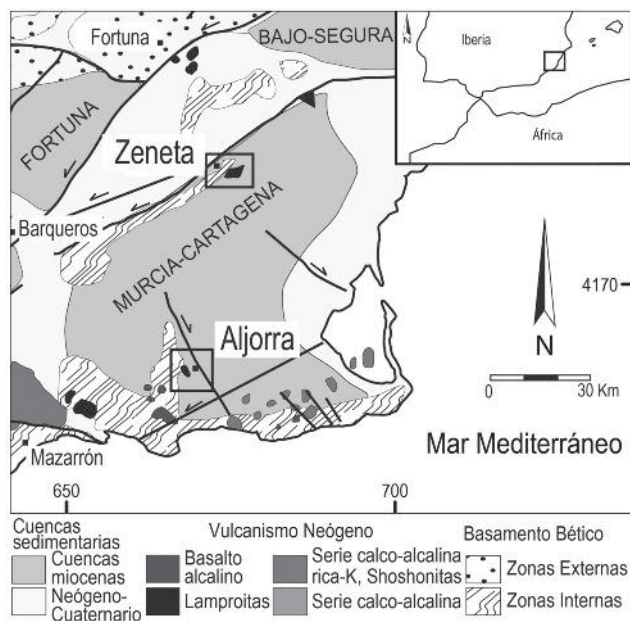


Fig. 1.- Situación geológica de la región volcánica neógena del sureste de España. En recuadros se marca la localización de los afloramientos estudiados. Modificado de Cambeses y Scarrow (en revisión).

Fig. 1.- Geologic situation of the Neogene volcanic region of southeast Spain. The squares indicate the studied areas. Modified from Cambeses and Scarrow (under revision).

tudiadas mediante el microscopio petrográfico convencional, correspondientes todas ellas a las facies masivas en ambos casos.

Las muestras para el estudio Q-PXRD fueron molidas para su análisis por difracción de Rayos-X (DRX). La obtención de los difractogramas se llevó a cabo mediante un difractómetro de Rayos-X Philips PW 17010, disponible en el departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada (Min-Pet-UGR), empleando la geometría de foco de Bragg-Brentano con un monocromador secundario de grafito, - (Cu KR1) 1.5406 Å y una divergencia automática de 1°. Los difractogramas fueron obtenidos en un rango de 3° < 2θ < 80° siendo 0.1 el rango goniométrico, 0.4 s el tiempo de integración y 0.040 el paso de contaje.

Para el procesado de los datos así como para la determinación y cuantificación de las fases minerales presentes en cada una de las muestras se utilizó el software XPowder 2010 (Martín-Ramos, 2004). Para la identificación mineral se utilizó la base de datos PDF2 disponible en Min-Pet-UGR implementada en XPowder. Además el método de cuantificación mineralógica se basó en la aplicación disponible en XPowder según el método 'Reference Intensity Ratio' (RIR) (Chung, 1974; Martín-Ramos *et al.*, 2012). Por último también se obtuvieron figuras 2D de los difractogramas en conjunto, para una mejor interpretación de los datos.

Con objeto de concretar las variaciones mineralógicas que se observan en las rocas estudiadas fue necesario establecer un protocolo de cuantificación de cada una de las

fases minerales en cada una de las muestras estudiadas, mediante la utilización de los RIR ajustando el método según lo esta-

blecido por Martín-Ramos *et al.* (2012). Esencialmente este método está basado en asignar un RIR a cada una de las fases minerales de una muestra basándose en un patrón donde se conoce el contenido de estas. Para determinar el RIR de cada una de las muestras se tomó como patrón una muestra de cada afloramiento y se les asignó un valor modal de cada una de las fases minerales según el estudio petrográfico mediante el microscopio óptico de las mismas muestras.

Caracterización mineralógica

Las fases minerales determinadas mediante DRX para las rocas volcánicas de Zeneta fueron: olivino, diópsido, flogopita-biotita (mica marrón), anortita, sanidina y cuarzo (Fig. 2A). Por otro lado en las rocas volcánicas de La Aljorra se reconocen: olivino, diópsido, flogopita y sanidina (Fig. 2B). En ambos casos la mineralogía presente es

Prop. modal (%)	Zeneta				La Aljorra		
	Patrón				Patrón		
Muestra	Z_1_002	Z_3_9	Z_3_31a	Z_3_38	Muestra	A_5_2	A_25
Olivino	4	6	2	4	Olivino	30	36
Diópsido	6	8	5	2	Diópsido	20	25
Mica Marrón	56	52	54	60	Flogopita	10	7
Anortita	2	3	2	2	Sanidina	35	32
Sanidina	32	30	35	31	Total	95	100
Cuarzo	1	1	2	1			
Total	101	100	100	100			
Q-PXRD (%)							
Muestra	Z_1_002	Z_3_9	Z_3_31a	Z_3_38	Muestra	A_5_2	A_25
Olivino	3.9	7.2	2.3	3.1	Olivino	31.3	32.1
σ-Olivino	0.8	1	1.1	0.5	σ-Olivino	1.4	1.5
Diópsido	5.9	9.1	3.8	0.8	Diópsido	20.9	28.2
σ-Diópsido	0.8	1	1.1	0.5	σ-Diópsido	1.3	0.9
Mica Marrón	55.4	42.3	45.3	63.3	Flogopita	9.6	5.8
σ-Mica Marrón	0.2	0.3	0.3	0.1	σ-Flogopita	1.7	2.4
Anortita	1	2.3	2.7	0.3	Sanidina	32.2	27.8
σ-Anortita	0.8	0.9	1	0.3	σ-Sanidina	0.9	1.4
Sanidina	32	33.9	41.3	24.9	Amorfo	6	6.1
σ-Sanidina	0.8	0.9	1	0.5	σ-Amorfo	2	2.1
Cuarzo	1	2.9	2.5	5.7	R	0	1.2·10 ⁻²
σ-Cuarzo	0.6	0.8	0.9	0.4	Total	100	100
Amorfo	1.2	2.2	2.5	2			
σ-Amorfo	1.5	1.4	1.4	1.3			
R	0	4·10 ⁻⁴	3·10 ⁻³	2·10 ⁻⁴			
Total	100.4	99.9	100.4	100.1			

Tabla I.- Resultados representativos de las rocas volcánicas de Zeneta y La Aljorra mostrando la proporción modal obtenida por el estudio petrográfico, arriba, y el obtenido mediante Q-PXRD, abajo. Con σ como la desviación estándar del ajuste de cada una de las fases y R el factor de acuerdo respecto al ajuste con la muestra patrón (siendo mejor cuanto más próximo a cero se encuentre). El total de los datos serán facilitados contactando con AC.

Table I.- Representative samples from Zeneta and La Aljorra volcanic rocks obtained by petrographic study, above, and Q-PXRD proportions, below. With σ being the standard deviation result of adjustment of each mineral and R values the according factor related to adjustment function of the standard sample (being a better fit the closer to zero it is). Data available from AC.

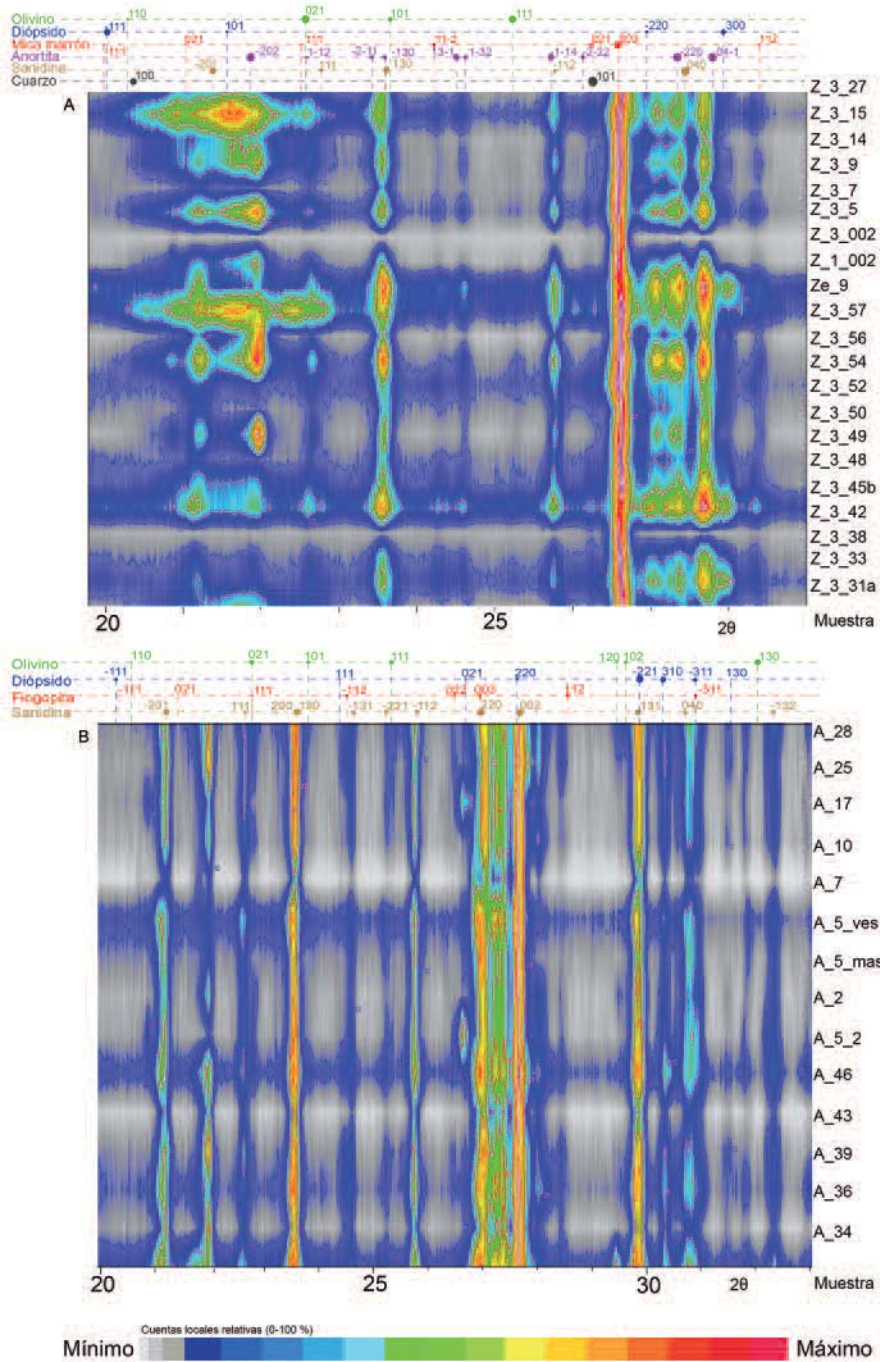


Fig. 2.- Mapas 2D de los difractogramas representativos de las rocas volcánicas de Zeneta (A) y La Aljorra (B) indicando los picos más relevantes y la determinación cualitativa de las fases minerales.
 Fig. 2.- 2D mapping showing the most representative peaks for rocks from Zeneta (A) and La Aljorra (B) as well as the qualitative mineral phase determinations.

similar y parecida a las rocas ultrapotásicas definidas en la región volcánica neógena del sureste de España (Venturelli *et al.*, 1984). Sin embargo, como se observa en la figura 2 la abundancia de cada una de las fases minerales es heterogénea para las rocas de Zeneta, poniéndose de manifiesto en las variaciones de intensidad y posición de los picos de los difractogramas, mientras

que para las rocas de La Aljorra se observa una mayor homogeneidad.

En la Tabla I se recogen los porcentajes modales de cada una de las fases en los patrones para el método QPXR y las proporciones modales petrográficas. Llevado a cabo la cuantificación de las muestras estudiadas y para verificar que los resultados eran óptimos y reflejaban el valor modal pe-

trográfico, se realizó un estudio comparativo con muestras aleatorias de cada uno de los afloramientos. Esta verificación se basó en comparar los datos obtenidos mediante Q-PRXD y las proporciones modales de cada fase mineral determinada por contaje mediante el microscopio petrográfico convencional de forma que validen los datos de las muestras analizadas por DRX. La Tabla I contiene los resultados representativos y en la figura 3 se muestran gráficamente.

En el caso de las rocas volcánicas de Zeneta y La Aljorra los resultados muestran que pese a una mineralogía similar las proporciones modales de cada una de las fases son muy diferentes. Como ejemplo se puede citar el contenido en micas que para Zeneta es la fase más abundante, del 35-60%, mientras que para La Aljorra es la fase minoritaria, del 5-10% (Figs. 3A y B). Atendiendo al criterio de clasificación para las rocas lamproíticas de Mitchell y Bergman (1991) las rocas de Zeneta muestran una acusada variación en cuanto a su mineralogía, por lo que cabe plantear la propia definición de estas rocas como lamproitas en sentido estricto, como hasta ahora se consideraban (Fernández y Hernández, 1972; López-Ruiz y Rodríguez-Badiola, 1980; Venturelli *et al.*, 1984).

Implicaciones Petrográficas

Las variaciones en las proporciones modales en las fases minerales de Zeneta son atípicas para las rocas lamproíticas.

Sin embargo, en el La Aljorra las proporciones modales son más típicas de lamproitas, en general y de la región volcánica neógena del sureste de España en particular (Venturelli *et al.*, 1984; Mitchell y Bergman, 1991). Con anterioridad algunos autores ya indicaban una tendencia lamproítica anómala para las rocas volcánicas de Zeneta (Toscani *et al.*, 1995), basada en datos obtenidos de un estudio de química mineral utilizando técnicas costosas y con un limitado número de muestras. Si combinamos los datos de Toscani *et al.* (1995) y los obtenidos en el presente trabajo se puede afirmar que las rocas volcánicas de Zeneta no se ajustan a los criterios lamproíticos definidos por Mitchell y Bergman (1991). Por tanto es necesario desarrollar un estudio más avanzado de manera que puedan explicar el porqué de las variaciones mineralógicas observadas en Zeneta.

Proponemos que dada a la gran capa-

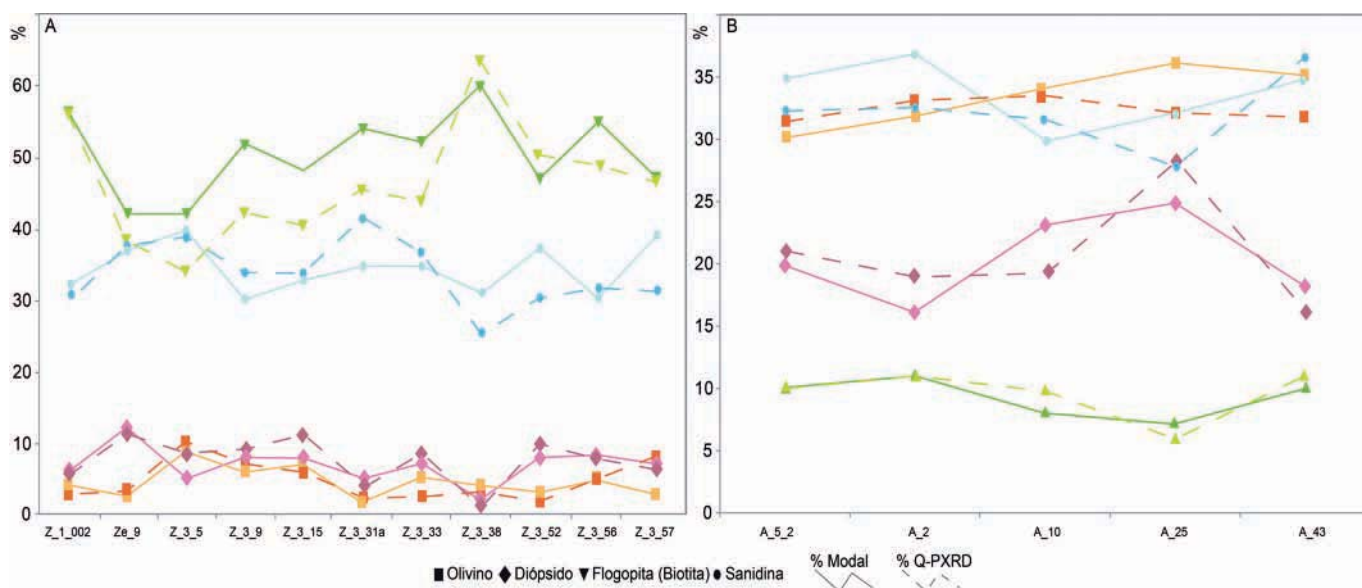


Fig. 3.- Comparación entre las proporciones modales petrográficas y los datos obtenidos por Q-PXRD obtenidos en este trabajo, para Zeneta (A) y La Aljorra (B).

Fig. 3.- Comparison between petrographic modal proportion and Q-PXRD data of the present work, for Zeneta (A) and La Aljorra (B).

idad de análisis de la técnica Q-PRXD, se puede estudiar la distribución mineralógica a lo largo de un área simplemente realizando una interpolación de los datos georeferenciados (Martín-Ramos, *et al.*, 2012), permitiendo así la identificación de heterogeneidades mineralógicas que lleven a establecer, por ejemplo, la historia petrogenética de la muestra (Cambeses, 2011).

Conclusiones

La utilización de la técnica de difracción de Rayos-X para el estudio de rocas volcánicas provee de una información fundamental para el estudio mineralógico de estas rocas de grano fino.

La aplicación de esta técnica a las rocas volcánicas de Zeneta y La Aljorra ha permitido establecer unas características mineralógicas no comunes en lamproitas para Zeneta, mientras que para La Aljorra se ajustan más a lo definido para las rocas ultrapotásicas de la región volcánica neógena del sureste de España.

Los resultados obtenidos indican una muy buena correlación entre los datos obtenidos por ambos métodos. Cabe mencio-

nar que el estudio mediante Q-PRXD permite caracterizar petrográficamente un número de muestras muy elevado de una manera precisa, rápida y económica. Este trabajo es, por tanto, extrapolable a cualquier estudio de índole petrográfica y en los que sea necesario conocer el contenido de cada una de las fases que contiene una muestra sin ser necesaria la puesta en práctica de técnicas costosas y prolongadas en el tiempo

Agradecimientos

Agradecemos a D. Martín-Ramos su completa colaboración y a los revisores D. José López Ruiz y a un revisor anónimo por sus comentarios y sugerencias que nos han permitido mejorar la calidad de este trabajo. Este estudio ha sido financiado por los proyectos RNM1595, de la Junta de Andalucía y CGL2008-02864 del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Referencias

Cambeses, A. (2011). *Characterization of the volcanic centres at Zeneta and La Aljorra, Mur-*

cia: evidence of minette formation by lamproite-trachyte magma mixing. Tesis de Máster, Univ. de Granada, 249 p.

Cambeses, A. y Scarrow, J.H. (en revisión). *Geologica Acta.*

Chung, F.H. (1974). *Journal of Applied Crystallography*, 7, 6, 519-525.

Fernández, S. y Hernández-Pacheco, A. (1972). *Estudios Geológicos*, 28, 267-276.

López-Ruiz, J. y Rodríguez Badiola, E. (1980). *Estudios Geológicos*, 36, 5-36.

Martín-Ramos, J.D. (Ed.) (2004). Using X Powder[®], a software package for powder X-Ray diffraction analysis. D.L.GR-1001/04, Spain, 1-105.

Martín-Ramos, J.D., Díaz-Hernández, J.L., Cambeses, A., Scarrow, J.H. y López-Galindo A (2012). En: *An introduction to the study of Mineralogy* (C. Aydinalp, Ed.). Intechweb.org, Croatia, 73-92.

Mitchell, R. y Bergman, S.C. (Eds.). (1991). *Petrology of Lamproites*. Plenum Pres, New York, 477 p.

Toscani, L., Contini, S. y Ferrarini, M. (1995). *Mineralogy and Petrology*, 55, 4, 281-292.

Venturelli, G., Capedri, S., Di Battistini, G., Crawford, A., Kogarko, L.N. y Celestini, S. (1984). *Lithos*, 17, 37-54.