

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/316854880>

Caracterización petrológica y geoquímica del moteado leucocrático en rocas basálticas alcalinas / Petrological and geoche....

Conference Paper · September 2016

CITATIONS

0

READS

69

6 authors, including:



[Guillem Gisbert Pinto](#)

Universidad Nacional Autónoma de México

29 PUBLICATIONS 24 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Meritxell Aulinas](#)

University of Barcelona

60 PUBLICATIONS 203 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Domingo Gimeno](#)

University of Barcelona

195 PUBLICATIONS 1,639 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Paweł Przemysław Zagożdżon](#)

Wroclaw University of Science and Technology

48 PUBLICATIONS 198 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



GI-GRIMS - Grup d'Innovació de Geoquímica i Roques Ígnies, Metamòrfiques i Sedimentàries [View project](#)



El Salvador volcanic rocks [View project](#)

Caracterización petrológica y geoquímica del moteado leucocrático en rocas basálticas alcalinas

Petrological and geochemical characterization of sunburns in alkaline basaltic rocks

G. Gisbert¹, M. Aulinas², M. Garcia-Valles³, D. Fernandez, D. Gimeno² y P. Zagozdzon⁴

1 Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México D.F. (Mexico). ggisbertp@hotmail.com

2 Dept. de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona. C/ Martí Franquès s/n, 08028 Barcelona. meritxellaaulinas@ub.edu; domingo.gimeno@ub.edu

3. Dept. de Cristal·lografia, Mineralogia i Universitat de Barcelona. C/ Martí Franquès s/n, 08028 Barcelona. maitegarciavalles@ub.edu

4. Facultad de Geoingeniería, Minería y Geología, Wrocław University of Technology, 2. Teatralny Sq., 50-051 Wrocław (Polonia). pawel.zagozdzon@pwr.edu.pl

Resumen: La presencia de un moteado leucocrático en basaltos alcalinos es un aspecto bastante frecuente en este tipo de lavas. A pesar de ello los estudios sobre su origen e implicaciones son hoy en día escasos y controvertidos. Es por ello que en el presente trabajo se presenta un estudio detallado del moteado en el que se incluyen relaciones de campo así como una caracterización textural, mineralógica y geoquímica de una selección de muestras. Los resultados obtenidos permiten sugerir que el moteado leucocrático se desarrolla como consecuencia del remplazamiento postmagmático de leucita primaria intersticial, dispuesta en forma de cuerpos poiquilíticos, por analcima secundaria. El aumento de volumen que supone este remplazamiento explica el mayor grado de fracturación de los minerales esenciales (olivino, clinopiroxeno y plagioclasa) así como la formación de grietas capilares que se disponen de forma radial desde los motes y que pueden llegar a comprometer la coherencia de la roca. Las observaciones realizadas indican que el desarrollo y tipología de moteado están fuertemente condicionados por la temperatura de la roca y la presencia de agua.

Palabras clave: moteado leucocrático, basaltos alcalinos, analcimitización, leucita poiquilítica intersticial.

Abstract: *The presence of sunburns is a common feature in alkaline basaltic rocks. Despite their frequent occurrence, works that have studied the origin and implications of sunburn presence are still scarce and controversial. In this study we present a detailed work on sunburns including field relations and a textural, mineralogical and geochemical characterization of a set of selected samples. The obtained results evidence that leucocratic discolorations are developed as a consequence of post-magmatic replacement of primary interstitial groundmass leucite arranged in poikilitic bodies by secondary analcime. The volume increase associated to this replacement explains the major degree of fracturing of the framework minerals (olivine, clinopyroxene and plagioclase) as well as the development of radial capillary cracks that radiate outwards from the sunburns. Both characteristics can compromise the coherence of the rock. All the observations indicate that the combination of rock temperature and water supply strongly conditions development and type of sunburns.*

Key words: sunburns, alkaline basalts, analcimitization, interstitial poikilitic leucite.

INTRODUCCIÓN

Una característica bastante frecuente en rocas basálticas alcalinas es la presencia de un moteado leucocrático (normalmente de color gris claro o blanco y menos frecuentemente con tonalidades rojizas) de tamaño inferior a 20 milímetros que se distribuye uniformemente en toda la muestra y que suele presentar morfologías generalmente redondeadas (Fig. 1). Su distribución en los cuerpos lávicos puede ser altamente variable y su concentración puede alcanzar el 85% en volumen si bien normalmente ocupan menos del 50% en volumen (Zagozdzon, 2003). Asociado a este moteado se observan grietas capilares que se propagan radialmente desde los motes y que pueden

comprometer la coherencia de la roca provocando en última instancia su fragmentación.

Si bien esta característica de las lavas alcalinas fue ya descrita a finales del siglo diecinueve, su origen y desarrollo resulta todavía hoy en día controvertido. Existen numerosas hipótesis sobre su formación en las que se incluyen: 1) acumulación heterogénea de volátiles en los magmas (Pukall, 1940), 2) procesos de origen magmático tardío (Ernst y Drescher-Kaden, 1940), 3) asimilación de granos de cuarzo de la roca caja por parte del magma basáltico (Schreiber, 1991), 4) transformación de minerales menos estables (olivino o feldespatoideos) así como vidrio volcánico en minerales de las arcillas por la acción de soluciones acuosas que penetran a través de grietas (Kühnel et al.,

1994), o 5) combinación de procesos magmáticos tardíos y factores atmosféricos (Zagozdón, 2001; 2003). A pesar de la variabilidad de hipótesis, ninguna de ellas explica satisfactoriamente la formación y características del moteado leucocrático.



FIGURA 1. Típico moteado leucocrático presente en numerosas lavas basálticas alcalinas. En general, el moteado (en este caso de color gris claro) presenta formas bastante redondeadas.

En este trabajo se presenta un estudio sobre el origen y características de este fenómeno basado en resultados de campo, petrográficos, mineralógicos y geoquímicos. El estudio se ha desarrollado principalmente en la Zona Volcánica de la Garrotxa (NE Peninsular) donde se encuentran afloramientos de volcanismo efusivo excepcionales. De forma complementaria se han analizado muestras equivalentes procedentes del Macizo Central Francés (S Francia) y de Silesia (SO Polonia). Estas tres zonas volcánicas monogenéticas se asocian a un volcanismo alcalino de intraplaca continental que se desarrolló durante el Terciario y Cuaternario. Mientras que la Zona Volcánica de la Garrotxa y el Macizo Central Francés se relacionan con la apertura del Rift Central Europeo, la zona volcánica de Silesia forma parte de la provincia volcánica Terciaria de Europa Central.

RELACIONES DE CAMPO

El estudio de las relaciones de campo se ha llevado a cabo en uno de los afloramientos más importantes de la Zona Volcánica de la Garrotxa como es la Pedrera del Boscarró (42°12'54"N, 2°30'38"E). La acción erosiva del río Fluvià y la riera de Bianya en la localidad de Sant Joan les Fonts han puesto al descubierto la superposición de tres coladas de lava que se vertieron por los antiguos cauces de estos ríos. En la cantera del Boscarró se expone la colada de lava superior que se asocia a la actividad inicial del volcán la Garrinada hace aproximadamente 133 ± 12 ka. Esta colada, de composición basanítica, presenta estructuras de enfriamiento como son disyunciones columnares en su base y techo, y disyunciones tabulares en la parte central. Además de esta estructura general, la colada presenta otras estructuras en las que generalmente se asocia la formación del moteado leucocrático (Fig. 2). Estas incluyen: 1) *blisters* en la base de la colada, 2)

deformación plástica en el contacto entre la colada y el depósito fluvial que la separa de la colada intermedia, 3) peperitas, 4) hidroclastitas, y 5) grandes fracturas que cruzan toda la colada de lava. Gran parte de estas estructuras son indicativas de una saturación en agua de la terraza fluvial en el momento de emplazamiento de la colada.



FIGURA 2. Detalle de una hidroclastita con presencia de moteado blanco

Características del moteado leucocrático

El moteado que se observa en la colada de lava de la Cantera del Boscarró no es uniforme ni presenta una distribución homogénea. Teniendo en cuenta el color, se diferencian motes blancos-grisáceos, rojos, y algunos de rosados. Éstos no se encuentran mezclados unos con los otros sino que aparecen de forma transicional en la roca. Independientemente del color, los motes pueden formar cuerpos esféricos irregulares distribuidos en todo el volumen de roca (moteado tridimensional), o bien pueden presentarse en forma de cuerpos circulares únicamente en la superficie de la lava (motes bidimensionales). En función de la presencia o ausencia de moteado en la roca, así como de las características anteriormente citadas se han distinguido los cuatro tipos de lava:

- 1) con moteado blanco ocupando todo el volumen de roca (lavas tipo 1),
- 2) con moteado rojizo ocupando todo el volumen de roca (lavas tipo 2),
- 3) con moteado (blanco o rojizo) únicamente superficial (lavas tipo 3), y
- 4) sin moteado aparente (lavas tipo 4).

TECNICAS ANALÍTICAS

El estudio textural, mineralógico y geoquímico de una selección de muestras representativas la Zona Volcánica de la Garrotxa, así como del Macizo Central Francés y de Silesia se ha realizado mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX), Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS), Difracción de Rayos X (DRX) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) en los Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona.

PETROGRAFÍA Y MINERALOGÍA

En sección delgada, las lavas estudiadas son holocristalinas y porfídicas en las que destacan fenocristales de olivino y clinopiroxeno subidiomorfos inmersos en una matriz formada por microlitos de plagioclasa y microcristales de clinopiroxeno y opacos (óxidos). No existen diferencias texturales ni mineralógicas aparentes entre las secciones correspondientes a lavas con moteado leucocrático y a las lavas sin moteado, hasta el punto que el moteado resulta muy difícil de reconocer en el microscopio. Únicamente se intuye por una mayor fragmentación de los cristales, y en el caso del moteado rojizo, por una acumulación de óxidos.

Caracterización mineral y textural mediante DRX y SEM

Los análisis de DRX revelan la naturaleza de las fases minerales intersticiales que no se reconocen en el microscopio petrográfico. A parte de las especies minerales citadas anteriormente, se han identificado nefelina ((Na,K)AlSi₃O₄), leucita (KAlSi₂O₆), analcima (NaAlSi₂O₆·H₂O) y en menor proporción sanidina (KAlSi₃O₈). Resulta interesante destacar que, mientras olivino, clinopiroxeno, plagioclasa, nefelina y los óxidos están en proporciones similares en todas las muestras analizadas, la presencia y abundancia de la leucita y analcima claramente se correlaciona con la aparición del moteado leucocrático. Este hecho, sumado a la distribución de la nefelina (únicamente presente en las áreas fuera del moteado) y a las variaciones mineralógicas y texturales entre los distintos tipos de moteados, también se evidencian en las observaciones en el SEM.

Lavas tipo 1

Las principales características de las lavas con moteado blanco son la presencia de nefelina, analcima y la ausencia de leucita. La distribución de nefelina y analcima en estas muestras no es homogénea, si bien las dos se presentan en forma de cristales intersticiales xenomorfos. Mientras que la analcima se localiza dentro de los motes, la nefelina únicamente se detecta en las áreas fuera de los mismos (Fig. 3). Texturalmente, la principal característica de estas lavas es la presencia de grietas capilares que se desarrollan radialmente desde cada uno de los motes. Más en detalle se evidencia un mayor grado de fragmentación dentro del moteado que en las áreas externas.

Lavas tipo 2

Al igual que las de tipo 1, las lavas con motes rojizos se caracterizan por presentar cristales xenomorfos intersticiales de analcima y nefelina. Pero a diferencia de las anteriores, en éstas destaca la coexistencia de leucita y analcima en el interior de los motes. Mientras que la nefelina se localiza únicamente en las zonas externas.

Una característica particular de la leucita en este tipo de lavas es la inclusión de óxidos en forma de: 1)

cristales esqueléticos primarios, y 2) óxidos secundarios localizados en fracturas y en las zonas de contacto entre la leucita y la analcima. Muy probablemente el desarrollo de estos últimos óxidos es el responsable del color rojo de los motes.

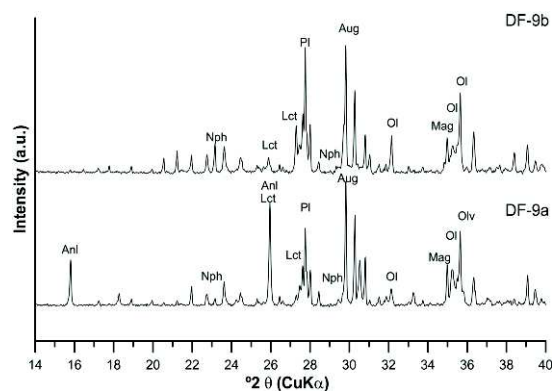


FIGURA 3. Difractogramas de la muestra DF-9 (a = dentro de los motes; b= zonas fuera de los motes). La única diferencia que se observa es la presencia de analcima dentro del moteado y de nefelina en las partes externas. La presencia de nefelina en la DF-9a se atribuye a una separación mecánica imperfecta del moteado blanco. Anl: analcima; Aug: augita; Lct: leucita; Mag: magnetita, Nph: nefelina; Ol: olivino; Pl: plagioclasa..

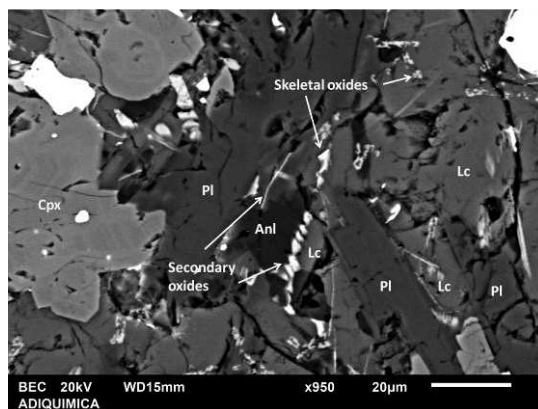


FIGURA 4. Imagen SEM BSE de una zona dentro del moteado rojo en la que se aprecia el desarrollo de los óxidos secundarios en el contacto entre analcima y leucita. Anl: analcima; Cpx: clinopiroxeno; Lc: leucita; Pl: plagioclasa.

Lavas tipo 3

Este tipo de lavas se caracterizan por la presencia de leucita y ausencia de analcima. Al igual que las lavas anteriores, las observaciones en el SEM muestran una homogeneidad textural y una distribución uniforme de los minerales esenciales (olivino, clinopiroxeno y plagioclasa), y la presencia de leucita y nefelina como fases intersticiales. La leucita se presenta en forma de cuerpos circulares poiquilíticos (de morfología y tamaño similares a los motes) mientras que la nefelina se encuentra en las áreas donde no hay leucita.

Lavas tipo 4

Las lavas sin presencia de moteado se dividen mineralógicamente en dos grupos. El primer grupo está formado por lavas que no contienen ni analcima ni leucita en su asociación mineral. En cambio el segundo

grupo presenta los dos minerales. Ambos grupos presentan nefelina además del resto de minerales esenciales. Las muestras del segundo grupo muestran una distribución homogénea de la leucita, analcima y nefelina, contrariamente a lo que se observa en las lavas con presencia de moteado. La leucita y la nefelina coexisten en los espacios intersticiales y las observaciones texturales dejan entrever una cristalización contemporánea de ambas fases minerales.

GEOQUÍMICA

El estudio geoquímico se ha realizado especialmente en las lavas de tipo 1, en las que la separación mecánica de los motes y las áreas fuera de los motes fue más efectiva. De este modo, para una misma muestra, se han podido establecer las diferencias geoquímicas básicas entre el moteado y las zonas externas.

Todas las muestras analizadas son lavas de carácter alcalino y se clasifican como basaltos, traquibasaltos y basanitas en el diagrama TAS de Le Bas et al. (1986). El análisis de los motes blancos y de las zonas fuera de los motes revela que estas últimas están empobrecidas en Na₂O y enriquecidas en K₂O respecto las zonas analizadas del interior de los motes. Además, los valores obtenidos de la pérdida al fuego (LOI) (*Loss on ignition*) son mayores dentro de los motes que fuera, cosa que se explica por la presencia de analcima en ellos. Por lo que se refiere a los elementos traza, la característica común de todas las muestras estudiadas es el relativo enriquecimiento de Rb y Cs dentro de los motes.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio petrográfico de las muestras con moteado leucocrático ha puesto de manifiesto que los motes son la expresión macroscópica de una intensa fracturación de la roca a microescala. La forma, el tamaño, la abundancia y la distribución de los motes claramente se correlacionan con la distribución heterogénea de la analcima y leucita tanto en las rocas que contienen motes bidimensionales como tridimensionales. Mientras que en los motes rojos, la cantidad de analcima y el grado de fragmentación es menor, la transición a un moteado rosado, gris y finalmente blanco experimenta un aumento progresivo del contenido en analcima intersticial así como del grado de fragmentación.

En base a los resultados de petrografía, mineralogía y geoquímica de las lavas con moteado, sugerimos que la analcima en estas rocas es de carácter secundario, formada por remplazamiento postmagmático de leucita primaria heterogéneamente distribuida en forma de cuerpos poiquilíticos. Las evidencias que justifican el origen secundario de la analcima incluyen:

1) Distribución equivalente de la analcima y la leucita. La leucita presenta una disposición en las lavas tipo 3

semejante a la distribución de la analcima en las lavas tipo 1.

2) Química de la analcima. La baja concentración de K y el enriquecimiento en Rb y en menor grado Cs en los motes se explica por el origen secundario de la analcima a partir de la leucita.

3) Fragmentación de los cristales esenciales y formación de grietas capilares que se explican por un aumento de volumen de la roca en la transformación de la leucita en analcima.

Además, la localización del moteado preferentemente en zonas con circulación de fluidos (hidroclastitas, peperitas, fracturas etc.) en la colada favorece este proceso de remplazamiento. De todos modos la presencia de agua no es el único mecanismo que favorece la analcimitización. La temperatura también juega un papel importante sobre todo en el desarrollo de las distintas tipologías de motes. Las observaciones realizadas permiten sugerir que la circulación de fluidos a altas temperaturas durante el enfriamiento de la lava favorece la formación de los motes tridimensionales, mientras que la penetración de fluidos de baja temperatura a través de fracturas una vez la lava ya está enfriada favorece el desarrollo del moteado superficial.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por los proyectos CGL2007-63727/BTE y CGL2011-28022 del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

REFERENCIAS

- Ernst, T. y Drescher-Kaden, F.K. (1940): Über den „Sonnenbrand“ der Basalte. *Zeitschrift für angewandte Mineralogie*, 3(2):73-141.
- Kühnel, R.A., Van der Gaast, S.J., Brych, J., Laan, G.J. y Kulnig, H. (1994): The role of clay minerals in the durability of rocks: observations on basaltic rocks. *Applied Clay Science*, 9:225-237.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. y Zanettin, B. (1986): A chemical classification of volcanic rocks based on the Total Alkali-Silica diagram. *Journal of Petrology*, 27(3):745-750.
- Pukall, K. (1940): Beiträge zur Frage des Sonnenbrandes der Basalte. II. *Zeitschrift für angewandte Mineralogie*, 2: 277-303.
- Schreiber, U. (1991): Basaltic „Sonnenbrand“, the result of magmatic assimilation of incorporated surface sands, and magma mixing phenomena: the alkaline volcanic association of Westerwald region, Western Germany. *Symposium on Central European Alkaline Volcanic Rocks, Abstracts. Praha*.
- Zagozdzon, P. (2001): On the origin of basaltic sunburn. *Przeгляд Geologiczny*, 49(4): 328-334.
- Zagozdzon, P. (2003): Sunburn in the Tertiary Basalts of Silesia (SW Poland). *Geolines* 15:188-193.