

# Los Anfíboles de los Roques Sálícos del Sur de la Isla de Tenerife.

/ DAVID SANZ-MANGAS (1\*), EUMENIO ANCOCHEA (1), MARÍA JOSÉ HUERTAS (1)

(1) Departamento de Petrología y Geoquímica. Fac. Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Novais, nº12, Ciudad Universitaria, 28040, Madrid (España).

## INTRODUCCIÓN

En el sur de la isla de Tenerife se encuentra el Edificio Antiguo Roque del Conde, uno de los tres grandes edificios volcánicos miocenos que constituyen la isla (Ancochea et al., 1990). Los materiales de este edificio han sido erosionados intensamente y aparecen en la actualidad como afloramientos aislados, cubiertos por los productos del Edificio pliocuaternario Cañadas. El Edificio Roque del Conde está formado por centenares de metros de coladas y piroclastos basálticos y traquibasálticos, atravesados ocasionalmente por rocas intrusivas sálícas. Éstas aparecen como domos y chimeneas que, al ser más resistentes a la erosión que las rocas que atraviesan, dan lugar a relieves pronunciados que reciben el nombre local de "roques". El objetivo de este trabajo consiste en el estudio de los anfíboles de los distintos roques, puesto que se trata de uno de los minerales más característicos de estas rocas, que además no son tan frecuentes en otras rocas sálícas de Tenerife y que proporcionan interesantes datos sobre las condiciones de formación de los magmas.

## LOS ROQUES SÁLÍCOS

La mayoría de roques sálícos del Sur de Tenerife aparecen en seis afloramientos principales que se encuentran próximos a la localidad de Valle de San Lorenzo (Fig. 1). Están formados por rocas ácidas o intermedias con una gran variedad composicional; variedad que no sólo se da entre un roque y otro, también, en algunos casos, dentro del mismo roque. Se puede hablar de tres tipos composicionales: fonolitas, traquitas y traquiandesitas.

El Roque de Malpaso y el Domo de Adeje tienen composición traquítica, mientras que los de Higara y Jama son

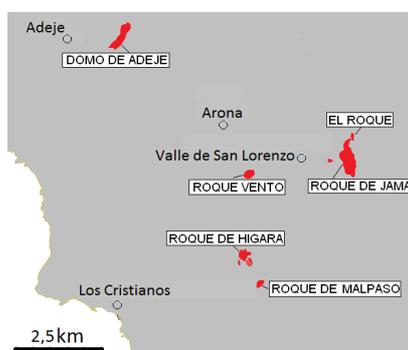


fig 1. Situación de los Roques sálícos del Sur de Tenerife.

fonolíticos. El Roque es traquiandesítico y en el caso de Roque Vento, su facies central (porfídica) es fonolítica, mientras que la facies de borde (bandeada) es traquiandesítica.

Se trata esencialmente de rocas de textura holocristalina, inequigranular y porfídica, con fenocristales idiomorfos y subidiomorfos de feldespatos alcalinos de tipo sanidina y anortoclasa, clinopiroxeno y anfíboles, y, en las fonolitas, también nefelina. La matriz es microcristalina, fluidal y está formada en su mayoría por feldespatos alcalinos y plagioclasa, y en menor medida minerales máficos y óxidos de Fe y Ti. Las fases accesorias más significativas son además de los óxidos de hierro y titanio, el apatito y la esfena.

## LOS ANFÍBOLES

El anfíbol es uno de los minerales ferromagnesianos más abundantes, especialmente en los roques fonolíticos de Jama, Higara y Vento, mientras que en los demás, o no aparece, o se encuentra transformado a minerales anhidros.

El tamaño del anfíbol varía desde fenocristal a microfenocristal de forma gradual. Pueden encontrarse dentro de

otros minerales y suelen presentar un zonado composicional de núcleo a borde (Fig. 2). Su composición varía de unos roques a otros y dentro del mismo roque.

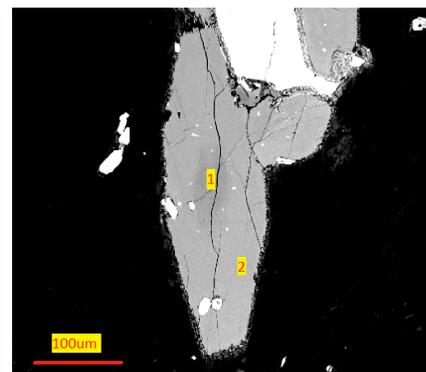


fig 2. Roque de Higara: Muestra 58335: Imagen de BSE (Back-Scattered Electron) de un anfíbol donde se puede apreciar la diferencia composicional entre el borde y núcleo. La parte más oscura (1) del núcleo kaersutita y los bordes ferropargasita (2).

Todos los anfíboles de estas rocas son de aspecto muy similar. Son todos anfíboles cálcicos (Leake et al., 2004), con  $C_{Ab} \geq 0,5$  y la mayoría con  $(Na+K)_A \geq 0,5$ . Su contenido en Ti varía entre 0,4 y 0,8, de forma continua. Sin embargo, el que al clasificarlos se utilice como criterio de separación que el Ti sea mayor o menor de 0,5, hace que mientras si su contenido es mayor de 0,5 se clasifiquen como kaersutitas, si son menores lo hacen bien como pargasitas ( $^{VI}Al > Fe^{3+}$ ) o bien como hastingsitas ( $^{VI}Al < Fe^{3+}$ ). Algunos anfíboles (con  $(Na+K)_A < 0,5$ ) se clasifican como tschermakitas (Fig. 2 y 3).

El anfíbol en el Roque Vento, presenta un color pardo y maclas simples (Fig. 4). Son todos fenocristales idiomorfos de kaersutita con tamaños medios que oscilan entre 0,2 y 2 mm. En la facies fonolítica aparece normalmente transformado, sólo conservándose el

**palabras clave:** Tenerife, Edificios Antiguos, Rocas sálícas, Anfíbol.

**key words:** Tenerife, Old Edifices, Salic Rocks, Mineralogy.

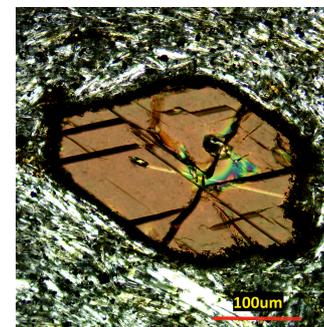
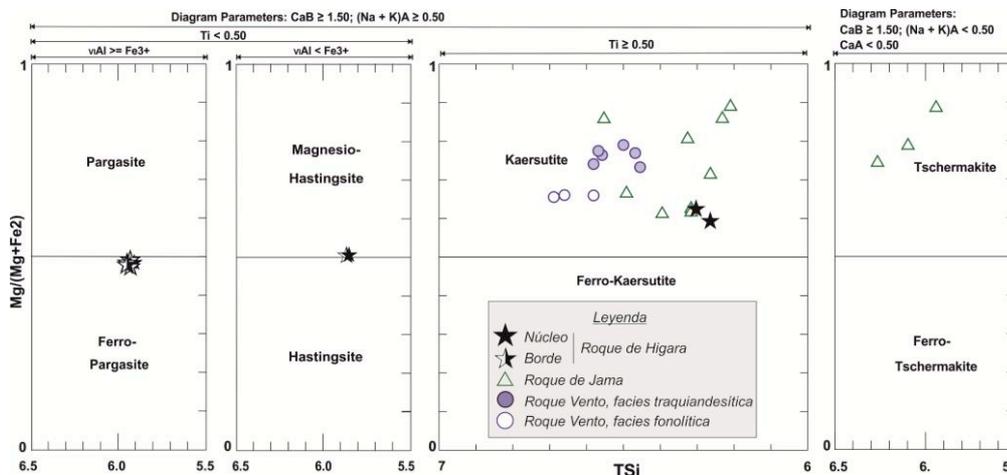


fig 4. Roque Vento: Muestra 78667: fenocristal de anfíbol en una matriz microcristalina de tamaño muy fino (nicoles X).

fig 3. Clasificación de los anfíboles según Leake et al (2004).

núcleo del anfíbol. La facies traquiandesítica presenta anfíboles frescos de tonalidad marrón.

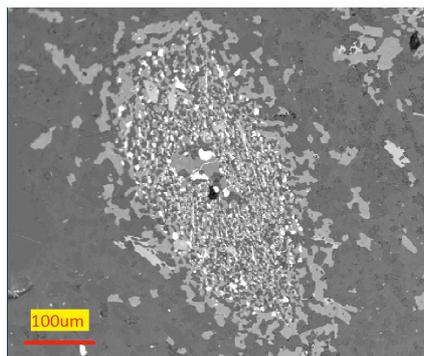


fig 5. Roque de Vento, facies fonolítica: Muestra 58345: Imagen de BSE de un anfíbol completamente transformado.

En el Roque de Higara el anfíbol es el fenocristal máfico más abundante, es idiomorfo, con tamaños medios que oscilan entre 0,1 y 0,5 mm. Suele presentar maclas simples y tener incluidos óxidos de hierro y titanio. Es el roque con mayor variedad de anfíboles: pargasitas, hastingitas y kaersutitas. Ocasionalmente se puede observar diferencias composicionales entre borde y núcleo, siendo el núcleo kaersutita y el borde ferropargasita (Fig 2).

En el Roque de Jama los anfíboles aparecen transformados a minerales anhidros, conservándose sólo pequeños fragmentos dispersos del mismo, se trata de kaersutitas y tschermakitas.

Los anfíboles presentan varios grados de transformación en los distintos Roques: cristales con bordes parcialmente alterados de 10 μm de

anchura aproximadamente, anfíboles en los que sólo se conserva el núcleo o fragmentos aislados (de aproximadamente 500 μm) y cristales en los que el anfíbol se encuentra transformado en su totalidad, dando como resultado un agregado policristalino con la forma del anfíbol (Fig. 5). Dentro de este agregado resultante se encuentran minerales como clinopiroxenos, óxidos de hierro y titanio y minerales accesorios como esfenas y apatitos (estos últimos probablemente incluidos en un principio en el interior del anfíbol y que han resistido la alteración manteniéndose intactos).

**CONDICIONES DE FORMACIÓN**

Son muchos los termobarómetros que han sido propuestos utilizando la composición de los anfíboles cálcicos (p.e. Hammarstrom & Zen 1986; Hollister et al. 1987; Johnson & Rutherford 1989; Schmidt 1992; Ridolfi & Renzulli 2012). Hammarstrom & Zen (1986) señalan que existe una relación empírica entre la presión de cristalización de rocas plutónicas

calcoalcálicas y el contenido de Al total de las hornblendas, Hollister et al. (1987) la precisan más. Por su parte, Johnson & Rutherford (1989) calibran experimentalmente el contenido en Al en la hornblenda a más temperaturas y Schmidt (1992) amplía el rango de presiones y temperaturas. Hammarstrom & Zen (1986) proponen también un geotermómetro, basado en el contenido en Ti de los anfíboles.

Más recientemente Ridolfi & Renzulli (2012) han propuesto un nuevo termobarómetro, más complejo, válido también para anfíboles ricos en Mg y Ca en magmas alcalinos, con bastantes restricciones de uso en cuanto a la composición de los mismos.

Con los termobarómetros de Hammarstrom & Zen (1986); Hollister et al. (1987); Johnson & Rutherford (1989) y Schmidt (1992) se han obtenido las temperaturas y presiones que se resumen en la tabla 1.

Se puede apreciar que las kaersutitas de Roque de Jama, Vento e Higara se habrían formado a temperaturas

	Hammarstrom and Zen (1986)		Hollister et al. (1987)	Johnson & Rutherford (1989)	Schmidt (1992)	Ridolfi & Renzulli (2012)	
	T°C	P kbar	P kbar	P kbar	P kbar	T°C	P kbar
Higara: kaersutitas	1 047	7,3	7,8	6,0	7,6	1 025	4,7
Higara: pargasitas y hastingitas	997	6,5	6,9	5,3	6,9	980	3,8
Vento kaersutitas traquiandesita	1 045	5,5	5,8	4,5	5,9	1 027	2,9
Vento kaersutitas fonolita	1057	5,5	5,8	4,4	5,9	998	2,8
Jama: kaersutitas	1 048	7,4	7,9	6,1	7,7	1 020	4,9

Tabla 1. Valores medios de P y T calculados a partir de los anfíboles de Roque de Higara, Jama y Vento.

similares (1045-1057°C) Hammarstrom & Zen, 1986), aunque a mayor presión en los Roques de Higara y Jama que en Vento. Por otro lado, las kaersutitas de la facies traquiandesítica de Roque Vento se formarían a mayores temperaturas que las de la facies fonolítica del mismo.

Para el termobarómetro de Ridolfi & Renzulli (2012), el más adecuado para estas rocas, se obtienen temperaturas algo más bajas que con los otros geotermómetros para las kaersutitas (media entre 998° y 1027°C) y ferropargasitas y magnesio-hastingsitas (media 980°C), aunque dentro del margen de error del método (22°C), pero sobre todo, lo más significativo es que se obtienen presiones mucho menores: 3,8 kbar con un error de 0,3 kbar.

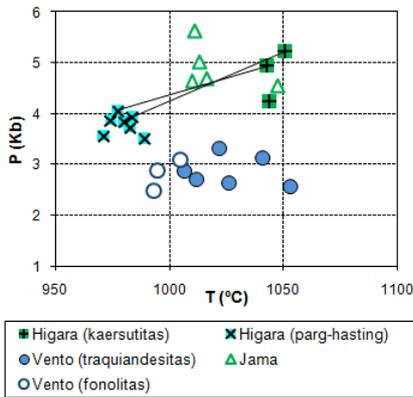


fig 6. P y T de formación de los anfíboles según el termobarómetro de Ridolfi & Renzulli (2012). Las líneas unen los núcleos y los bordes de los mismos cristales.

Las kaersutitas de Higara, que constituyen los núcleos de los cristales, se han formado a mayor P y T que las pargasitas y hastingsitas de los bordes (media 997°C) (Fig. 6). En el Roque Vento la facies fonolítica y la traquiandesítica se han formado a similares presiones, aunque las fonolitas a menores temperaturas.

Ridolfi and Renzulli (2012) calculan también, a partir de la composición de los anfíboles, las condiciones de fugacidad de oxígeno durante su cristalización. En la figura 7 se observa que la mayor parte de ellos se formaron con fugacidades de oxígeno menos oxidantes que NNO (Ni-NiO), próximas a las de los buffer FMQ (Forsterita-Magnetita-Cuarzo), únicamente los anfíboles de las traquiandesitas de Roque Vento se han formado en condiciones por encima de NNO, en un ambiente mucho más oxidante que el

resto de los anfíboles, incluso de las fonolitas del mismo roque.

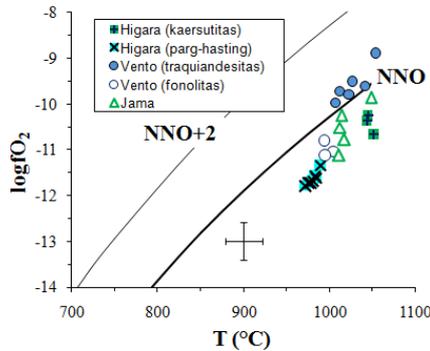


fig 7. Fugacidad de oxígeno de los anfíboles de los roques (Ridolfi & Renzulli, 2012).

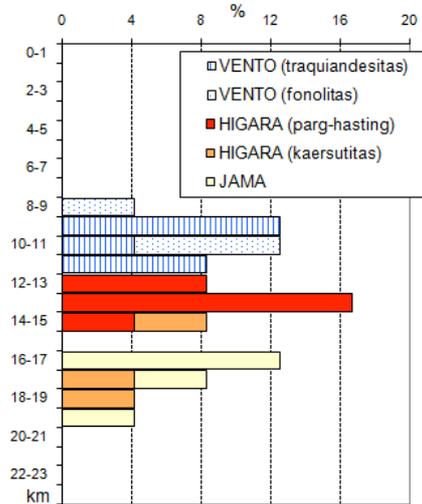


fig 8. Profundidad de formación de los anfíboles (% anfíboles vs Profundidad), según el termobarómetro de Ridolfi & Renzulli (2012).

En la figura 8 se representan las profundidades de formación de los anfíboles deducidas a partir del barómetro de Ridolfi & Renzulli (2012). Los anfíboles del Roque de Jama son los que se habrían formado a mayores profundidades (16-20 km). Los núcleos de los anfíboles del Roque de Higara se formarían a similares profundidades que los de Jama, pero los bordes se habrían formado en un nivel superior, donde se encontraría estacionado el magma en un segundo momento, entre los 12 y los 15 km de profundidad. Los anfíboles de Roque Vento son los generados a menor profundidad (8 a 12 km), algo más superficiales los de las fonolitas que los de las traquiandesitas. Todos estos datos parecen indicar que estos magmas se habrían comenzado a formar próximos a la base de la corteza de Tenerife, que Watts et al (1997) sitúan sobre los 13 km.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto CGL2012-32135. Los datos de química mineral se han obtenido en el Centro Nacional de Microscopía Luis Bru de la Universidad Complutense de Madrid.

## REFERENCIAS

Ancochea, E.; Fúster, J.M.; Ibarrola, E.; Cendrero, A.; Coello, J.; Hernán, F.; Cantagrel, J.M. & Jamond, C. (1990). Volcanic evolution of the Island of Tenerife (Canary Islands) in the light of new K-Ar data. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **44**, 231-249.

Hammarstrom, J.M., & Zen, E.A. (1986). Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer. *Am. Mineral.*, **71**, 1297-1313.

Hollister, L.S., Grissom, G.C., Peters, E.K., Stowell, H.H., & Sisson, V.B. (1987). Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. *Am. Mineral.*, **72**, 231-239.

Johnson, M.C., & Rutherford, M.J., (1989). Experimental calibration of the aluminum-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California) volcanic rocks. *Geology.*, **17**, 837-841.

Leake, B. E., Woolley, A.R., Birch, W.D., Burke, E.A., Ferraris, G., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Schumacher, J.C., Stephenson, C.N. & Whittaker, E. (2004). Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature. *Eur. J. Mineral.*, **16**, 191-196.

Ridolfi, F., & Renzulli, A., (2012). Calcic amphiboles in calc-alkaline and alkaline magmas: thermobarometric and chemometric empirical equations valid up to 1,130°C and 2.2 GPa. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **163**, 877-895.

Schmidt, M.W., (1992). Amphibole composition in tonalite as a function of pressure; an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **110**, 304-310.

Thirlwall, M.F., Singer, B.S. & Marriner G.F. (2000).  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  ages and geochemistry of the basaltic shield stage of Tenerife, Canary Islands, Spain. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **103**, 247-297.

Watts, A. B., Peirce, C., Collier, J., Dalwood, R., Canales, J-P., & Henstock, T.J. (1997). A seismic study of lithospheric flexure at Tenerife, Canary Islands. *Earth Planet. Sci. Letts.*, **146**, 431-448.