

Una clasificación normativa de las rocas plutónicas y volcánicas mediante el diagrama 2Q-(or+ab)-4an-2F

A normative classification of plutonic and volcanic rocks using the 2Q- (or+ab)- 4an-2F diagram

Pere Enrique

Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona, España; pere.enrique@ub.edu

ABSTRACT

Modal analyses provide a precise classification of the plutonic rocks, as demonstrated by the great acceptance of the QAPF diagram. However, the existence of isomorphic series in feldspars causes some indeterminations and discontinuities in the fields of classification. Consequently, distinct rocks overlap at the same point, as is the case of the gabbro and the diorite. In volcanic rocks, the accuracy of the determination decreases strongly and its classification can become a simple approximation, or even become impossible in the hyaline rocks. Another logical drawback that derives from the different resolution is that some classification fields are different in plutonic and volcanic rocks, so there is no nomenclature equivalence for the same compositions. The normative diagram 2Q-(or+ab)-4an-2F proposed in this work allows to discriminate clearly between rocks with plagioclases of different compositions as well as to compare plutonic and volcanic rocks using the same parameters, independently of whether they are phaneritic or aphanitic rocks. As a result, two diagrams are obtained whose classification fields correspond exactly to the plutonic and volcanic rocks. Since the number of fields obtained is greater than those of the QAPF diagram, several new rock names are proposed, some of which may have an unlikely existence in nature.

Key-words: 2Q-(or+ab)-4an-2F diagram, CIPW classification, QAPF diagram, eucrite, eucritic basalt.

RESUMEN

Modal analyses provide a precise classification of the plutonic rocks, as demonstrated by the great acceptance of the QAPF diagram. However, the existence of isomorphic series in feldspars causes some indeterminations and discontinuities in the fields of classification. Consequently, distinct rocks overlap at the same point, as is the case of the gabbro and the diorite. In volcanic rocks, the accuracy of the determination decreases strongly and its classification can become a simple approximation, or even become impossible in the hyaline rocks. Another logical drawback that derives from the different resolution is that some classification fields are different in plutonic and volcanic rocks, so there is no nomenclature equivalence for the same compositions. The normative diagram 2Q-(or+ab)-4an-2F proposed in this work allows to discriminate clearly between rocks with plagioclases of different compositions as well as to compare plutonic and volcanic rocks using the same parameters, independently of whether they are phaneritic or aphanitic rocks. As a result, two diagrams are obtained whose classification fields correspond exactly to the plutonic and volcanic rocks. Since the number of fields obtained is greater than those of the QAPF diagram, several new rock names are proposed, some of which may have an unlikely existence in nature.

Palabras clave: diagrama 2Q-(or+ab)-4an-2F, clasificación CIPW, diagrama QAPF, eucrita, basalto eucrítico.

Geogaceta, 64 (2018), 115-118
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 15 de febrero de 2018
Revisión: 20 de abril de 2018
Aceptación: 25 de abril de 2018

Introducción

La clasificación y nomenclatura de las rocas ígneas se realiza principalmente con los diagramas modales de Le Maitre *et al.*, (2002), basados en los de Streckeisen (1976), y recomendados por la IUGS (Subcommission on The Systematics of Igneous Rocks).

Los diagramas QAP y APF utilizan las diferentes proporciones entre feldespatos alcalinos (A) y plagioclasas (P), repre-

sentadas mediante el índice feldespático, $IF = 100 P/(P+A)$, para definir los campos composicionales de las rocas, ya sean sobresaturadas, saturadas o subsaturadas en sílice (Shand, 1950). Todas las rocas sobresaturadas en sílice contienen cuarzo (Q) lo que da origen al diagrama QAP, que incluye una buena parte de las rocas básicas, intermedias y ácidas. El diagrama APF representa a las rocas con feldespatoides (F) los cuales por estar

subsaturados en sílice son mutuamente incompatibles con el cuarzo.

Desde un punto de vista mineralógico, la albita pura es un feldespato alcalino como una plagioclasa. Para eliminar esta ambigüedad, en el diagrama de clasificación se considera que la albita más pura ($An < 5$) es un feldespato alcalino (A) mientras que todas las demás composiciones ($An \geq 5$) representan a la plagioclasa (P).

Pero, por otra parte, dado que en el vértice P no se tiene en cuenta el contenido en anortita de las plagioclasas, hay un gran número de rocas de características petrográficas muy distintas que se superponen en el mismo campo (como ocurre en el caso de los gabros y de las dioritas).

Para discriminar estos dos grupos de rocas se crea otro umbral en la composición de la plagioclasas. Se consideran dioritas si su plagioclasa tiene $An < 50$ y gabros si tiene $An \geq 50$.

Esta solución presenta dificultades prácticas pues requiere cuantificar el contenido medio de anortita de la plagioclasa, la cual se halla a menudo zonada de modo más o menos complejo.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la diferenciación magmática da origen a rocas con plagioclasas progresivamente más albiticas, en el caso de magmas muy bajos en potasio la gran mayoría de los términos de la serie se representan en el campo rico en P (gabros y dioritas) y al re-

basar el umbral de An_5 se pasa directamente al campo próximo a A (sienitas de feldespato alcalino), ya que el componente albitico se incorpora a la plagioclasa durante casi todo el proceso de diferenciación magmática.

Para evitar algunos de estos problemas se han definido diversos diagramas de clasificación basados en cálculos normativos. Los primeros cálculos normativos (norma CIPW, Cross *et al.*, 1902) se basaron en la obtención de minerales simples (extremos de series isomorfas) y anhidros, y es como se siguen utilizando actualmente en numerosos estudios.

De las diferentes clasificaciones normativas existentes cabe destacar la basada en el diagrama $Q^1-or-an$ (Streckeisen y Le Maitre, 1979), que mantiene la nomenclatura del diagrama modal QAPF ajustando las divisiones en lo posible dentro de los nuevos parámetros establecidos. El principal problema de este diagrama es que prescinde del componente albitico y por tanto se pro-

ducen distorsiones importantes en la representación de muchas rocas ricas en sodio y en las rocas biotíticas (Enrique, 2018). El diagrama $2Q-(or+ab)-4an$ (Enrique, 2018), redistribuye el componente albitico agrupándolo con la ortosa normativa, de modo que se evita el que una parte del mismo se asocie con la anortita y manifieste una tendencia opuesta en los diagramas de clasificación. En el caso citado, el diagrama se aplica solamente a las rocas plutónicas saturadas y sobresaturadas en sílice y se comprueba la clara discriminación obtenida entre dioritoides y gabroides, así como la expansión de los campos de clasificación. El objetivo de este trabajo es ampliar las posibilidades del diagrama hacia los términos subsaturados en sílice e incluir a las rocas volcánicas en campos composicionalmente equivalentes a los de las rocas plutónicas.

El diagrama $2Q-(or+ab)-4an-2F$

El método de clasificación propuesto en este trabajo se basa en las proporciones de los minerales félsicos obtenidos mediante la norma CIPW (porcentaje en peso) usando la corrección del Fe de Le Maitre (1976) tal como se describe en Enrique (2018). Como el nuevo diagrama abarca todo el conjunto de rocas ígneas no ultramáficas ($M < 90$, Le Maitre *et al.*, 2002), el diagrama $2Q-(or+ab)-4an$ debe ampliarse para tener en cuenta el contenido en feldespatoideos y poder incluir las rocas subsaturadas en sílice. El conjunto de los feldespatoideos normativos (ne, lc y ks, nefelina, leucita y kalsilita, respectivamente) se representa como un nuevo vértice, situado en la parte inferior, originando otro triángulo, invertido y que comparte la misma base $(or+ab)-4an$. Para mantener los valores proporcionados, al igual que se ha optado con el cuarzo, el valor de los feldespatoideos (F) se representa en el diagrama multiplicado por dos (2F). Del mismo modo que en el diagrama para las rocas sobresaturadas, descrito con más detalle en Enrique (2018), el factor de discriminación en el eje x se basa en el índice feldespático ternario $IFT = 100 \cdot an / (an + ab + or)$, a diferencia del diagrama QAPF que se basa en el índice feldespático $IF = 100 \cdot P / (P + A)$. Ya que la composición normativa se basa en la composición química, la clasificación de la roca no está condicionada por su textura por lo que pueden representarse en el diagrama de forma equivalente tanto las rocas plutónicas como las volcánicas.

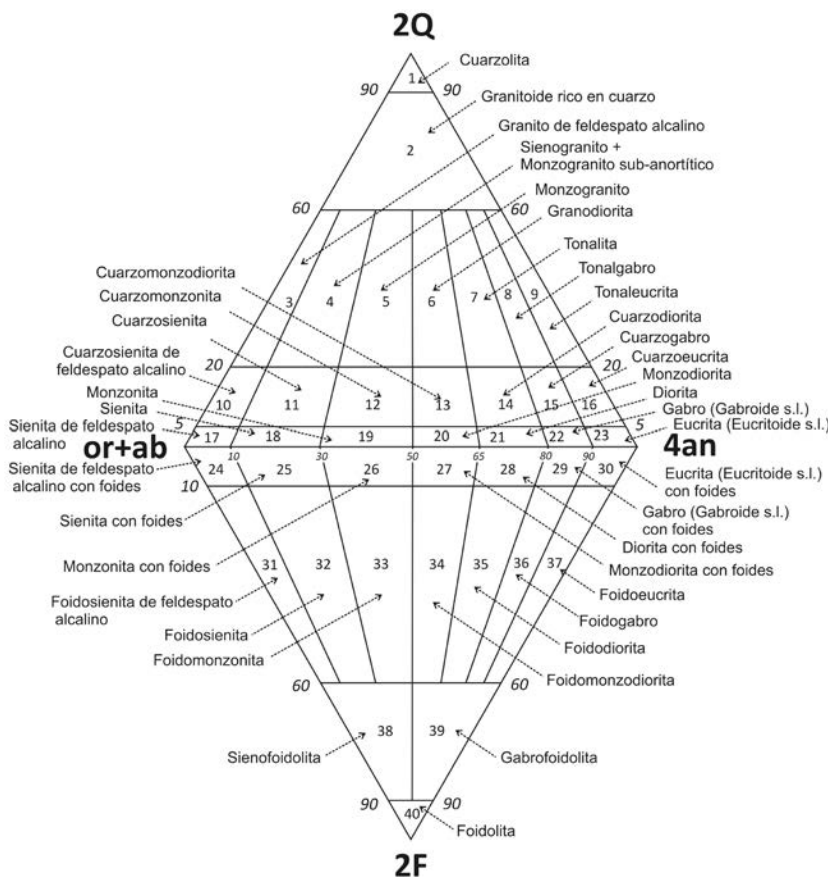


Fig. 1.- Doble diagrama triangular normativo (CIPW) $2Q-(or+ab)-4an-2F$ para la clasificación de rocas plutónicas ($M < 90$) con la indicación de la nomenclatura de los 40 campos definidos.
 Fig. 1.- Double (CIPW) normative triangular diagram $2Q-(or+ab)-4an-2F$ for the classification of plutonic rocks ($M < 90$) with the indication of the nomenclature of the 40 defined fields.

El doble diagrama triangular (dos triángulos independientes unidos) resultante queda definido con los componentes siguientes: a) vértice superior = $2 \times Q$, b) vértice izquierdo = $or+ab$, c) vértice derecho = $4 \times an$; d) vértice inferior = $2 \times F$, representándose en el eje horizontal el índice feldespático ternario modificado (la anortita multiplicada por cuatro) $IFT^* = 100 \cdot 4 \cdot an / (4 \cdot an + ab + or)$.

Los valores de IFT^* que definen las líneas radiales que convergen en 2Q (en el triángulo superior) y en 2F (en el triángulo inferior), y que delimitan los campos composicionales son: 10, 30, 50, 65 y 90. Los valores de 2Q son: 5, 20, 60 y 90 mientras que los valores 2F son: 10, 60 y 90.

Resultados

Los campos de clasificación obtenidos, como resultado de trazar las divisiones mencionadas, definen 40 composiciones petrológicas distintas que se representan en dos diagramas independientes, uno correspondiente a las rocas plutónicas y el otro a las rocas volcánicas (Figs. 1 y 2). Al tener en cuenta el contenido en anortita de las plagioclasas y una menor ambigüedad en la composición de las rocas volcánicas, el número de tipos petrológicos representado es mayor que en los diagramas modales generalmente utilizados. Como consecuencia de ello algunos de los nombres en el diagrama 2Q-(or+ab)-4an-2F no coinciden exactamente con los de su composición modal mientras que otros que no tenían cabida han podido ser incluidos y, finalmente, algunos más constituyen una terminología original.

La modificación más significativa respecto a la clasificación modal QAPF es la capacidad del nuevo diagrama de discriminar claramente entre dioritas y gabros, ya que su contenido en anortita es distinto. Esta propiedad es válida para todos los andesitoides y gabroides. En el caso de los gabroides (plagioclasas con $An > 50$) puede individualizarse un campo distinto que incluye los tipos con plagioclasas muy cálcicas, con $An > 70$, denominados eucritas (Le Bas, 1959; Drury *et al.*, 1976), que forman parte importante de numerosos complejos intrusivos básicos. Asimismo estas rocas son importantes por formar parte de los meteoritos acondríticos denominados eucritos, formados por procesos ígneos corticales en algunos asteroides

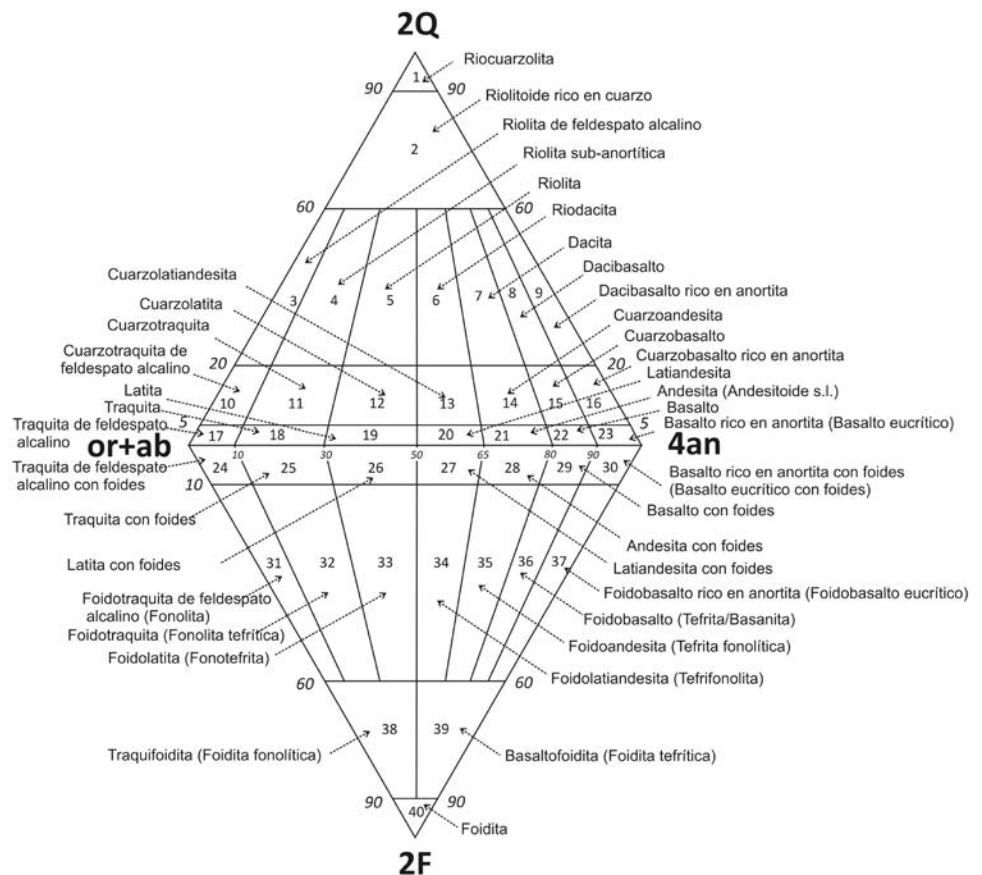


Fig. 2.- Doble diagrama triangular normativo (CIPW) 2Q-(or+ab)-4an-2F para la clasificación de rocas volcánicas. La nomenclatura entre paréntesis corresponde aproximadamente a la nomenclatura modal del diagrama QAPF de Le Maitre *et al.* (2002) o a otras clasificaciones especializadas.

Fig. 2.- Double (CIPW) normative triangular diagram 2Q-(or+ab)-4an-2F for the classification of volcanic rocks. The nomenclature between parentheses corresponds approximately to the modal nomenclature of the QAPF diagram of Le Maitre *et al.* (2002) or to other specialized classifications

(Anders, 1968; Norton y Chitwood, 2008; Mittlefehldt, 2015). Si se siguen estas divisiones entre anortita y feldespato alcalino hasta los granitoides, el campo modal de las tonalitas puede definirse con más precisión. Las tonalitas en sentido estricto quedan restringidas a los granitoides con plagioclasas dioríticas ($An < 50$). Las tonalitas modales con plagioclasas de composiciones gabroides (labradoríticas) se propone denominarlas "tonalgabros" y las que tienen plagioclasas $An > 70$ se denominan "tonaleucritas". De modo análogo, en el campo subsaturado, con feldespatoideos ($2F > 10$ y < 60) las dioritas pasan a denominarse "foidodioritas", los gabros "foidogabros" y las eucritas "foidoeucritas". Con contenidos $2F > 60$, todas ellas quedarían incluidas en las "gabrofoidolitas" (Fig. 1). Esta metodología, consistente en mantener en lo posible como raíz el nombre de la roca saturada, es la que se ha seguido como norma general en la denominación de las rocas

en los campos sobresaturados y subsaturados.

En el diagrama correspondiente a las rocas volcánicas se definen los mismos campos que en el de las rocas plutónicas (Fig. 2). Como se produce un aumento destacable del número de tipologías respecto a la clasificación modal hay numerosos nombres nuevos o recuperados de clasificaciones anteriores. Un ejemplo es el campo de las dacitas que queda dividido en cuatro. La parte equivalente a la granodiorita equivale a la "riodacita" (Winchell, 1913; De la Roche *et al.*, 1980). La dacita en sentido estricto se restringe a las rocas con plagioclasa sódica aproximadamente andesínica. Los otros dos tipos son rocas menos probables, ricas en cuarzo pero con plagioclasas cálcicas o muy cálcicas ("dacibasaltos" y "dacibasaltos ricos en anortita"). El nombre de estos últimos deriva de la roca saturada correspondiente denominada como "basalto rico en anortita". Este nombre se ha preferido al ya existente (ba-

salto eucrítico) utilizado para designar acondritos procedentes de coladas formadas en algunos asteroides (Mittlefehldt, 2015; Zang *et al.*, 2017) debido a que el nombre basalto eucrítico mezcla una terminología plutónica (eucrita) con otra volcánica (basalto).

Otro ejemplo es el conjunto de las rocas saturadas situado a lo largo del eje horizontal, que pasa de tener cuatro tipos en el diagrama modal QAPF a tener siete en el 2Q-(or+ab)-4an-2F. En este caso se pone en evidencia la utilidad del diagrama en identificar claramente los distintos términos de las series alcalinas, tanto sódicas como potásicas. Considerando una serie alcalina formada por basalto olivínico, hawaiita y mugearita (Carmichael *et al.*, 1974, p. 398) en la que, modalmente solo podría representarse la plagioclasa y quedarían los tres puntos en el vértice P (campo del basalto/andesita), en el diagrama 2Q-(or+ab)-4an-2F, tienen un IFT* de 81, 27 y 23, correspondientes a basalto, latian-desita y traquita, respectivamente, quedando las tres rocas perfectamente discriminadas.

En el campo subsaturado se ha hecho prevalecer la nomenclatura basada en el nombre raíz de los tipos saturados. Entre paréntesis se han mantenido en lo posible la nomenclatura modal (o la química o normativa) recomendadas en Le Maitre *et al.* (2002), o en otras clasificaciones más específicas (Fig. 2).

Conclusiones

Se presenta un nuevo diagrama normativo para la clasificación de las rocas plutónicas y volcánicas (exceptuando las rocas ultramáficas).

Este diagrama simula en parte el diagrama modal QAPF de Le Maitre *et al.* (2002) pero amplía su campo de aplicación al basarse en la composición química y no hallarse influido por las limitaciones texturales de muchas rocas volcánicas.

Una utilidad importante es la de poder distinguir rocas en función del contenido en anortita de las plagioclasas lo que permite representar de forma continua y gradual la serie a la que pertenecen, a diferencia de las series sódicas que lo hacen de modo discontinuo en el diagrama QAPF.

Por la misma razón discrimina nítidamente los dioritoides (y andesitoides) de los gabroides (y basaltoides).

Como consecuencia del mayor poder de dispersión de las muestras se originan nuevos campos para los que se proponen algunos nombres nuevos.

Agradecimientos

El autor agradece los comentarios constructivos y las mejoras del texto aportadas por el Dr. Carlos Galé y por un revisor anónimo.

Referencias

Anders, E. (1968). *Accounts of Chemical Research* 1, 289-29.

Carmichael, I.S.E., Turner, F.J. y Verhoogen, J. (1974).

Igneous Petrology. McGraw-Hill. N.Y. 739 p.

Cross, W., Iddings, J.P., Pirsson, L.V. y Washington, H.S. (1902). *Journal of Geology* 10, 555-690.

De la Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P. y Marchal, M. (1980). *Chemical Geology* 29, 183-210.

Drury, S.A., Francis, P.W., Gass, I.G., Jackson, D.E., Melton, L.R.A., Pearce, J.A., Thorpe, R.S., Williams, D.W. y Wilson, R.C.L. (1976). *The Tertiary igneous rocks of Skye, N.W. Scotland*. S333, The Open University Press, 88 p.

Enrique, P. (2018). *Geogaceta* 63, 95-98.

Le Bas, M.J. (1959). *Geological Magazine* 96, 497-502.

Le Maitre, R.W. (1976). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 56, 181-184.

Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B. y Bateman, P. (2002). *Igneous rocks: a classification and glossary of terms*. Cambridge University Press, 236 p.

Mittlefehldt, D.W. (015). *Chemie der Erde - Geochemistry* 75, 155-183.

Norton, O.R. y Chitwood, L. (2008). *Field Guide to Meteors and Meteorites*. Springer, 287 p.

Streckeisen, A.L. (1976). *Earth Science Reviews* 12, 1-33.

Streckeisen, A. y Le Maitre, R.W. (1979). *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen* 136, 169-206.

Shand, S.J. (1950). *Eruptive rocks*. Thomas Murby, 4th ed., London, 488 pp.

Winchell A.N. (1913). *The Journal of Geology* 21, 208-223.

Zhang, C., Miao, B., Xie, L., Xia, Z. y Chen, H. (2017). *Acta Geologica Sinica* 91, 275-276.