

## RECENSIONES

Quimismo de las manifestaciones magmáticas  
cenozoicas de la península ibérica

por

ISIDRO PARGA PONDAL

(Trab. Museo Nac. de C. Naturales, Ser. Geol.<sup>a</sup>, núm. 39. Madrid 1935)

ESTA obra es la primera que aparece en idioma español sobre Petroquímica general de España. Se han publicado algunas notas, ordinariamente sobre el carácter químico de erupciones aisladas y solo dos sobre grupos de erupciones, una con carácter regional (Osann) y otra con carácter general (Burri y Parga), en idioma alemán (Osann, Becke, Burri y Parga, etc.) y en francés (Mme. Jeremine), a las que hay que añadir datos químicos sueltos incluidos en algunas memorias sobre regiones volcánicas publicadas por autores españoles, más con carácter geológico-petrográfico que petroquímico.

Recientemente apareció una memoria (escrita en alemán) de Burri y Parga sobre el quimismo de las erupciones modernas de España, de la que di cuenta a la *Institució* por medio de una nota aparecida ya en nuestros boletines. El mismo Burri había dado ya a conocer en una nota aparecida en el Boletín de la Sociedad Suiza de Mineralogía y Petrografía, t. XV, cuaderno 2-1935, la existencia de una interesante provincia petrográfica con quimismo característico que comprende buen número de nuestras rocas volcánicas terciarias y cuaternarias, a la que se ha dado el nombre de *provincia del antepaís ibérico*, que también podría llamarse *provincia ibérica de antepaís*; en esta misma nota da una ligera idea de la relación tectónica de estas manifestaciones eruptivas con el plegamiento alpino de antepaís (germanotipo) que forma la agrupación tectónica llamada Ibéridos por Staub.

En dos o tres años se ha podido reunir suficiente número de datos para fijar el carácter químico, las variantes, las tendencias de diferenciación y relaciones de nuestras rocas eruptivas modernas con las grandes asociaciones petrográficas conocidas, con lo cual se ha podido reconocer que en España tenemos representantes de los tres grandes grupos petroquímicos, atlántico, pacífico y mediterráneo.

Gran número de los análisis empleados se deben al doctor Parga Ponal y la aplicación de los métodos modernos de interpretación a los ya efectuados por otros analistas, con lo cual el autor ha podido aplicar los cálculos, normas, métodos de representaciones gráficas y clasificaciones de la escuela petroquímica en que se ha formado —métodos de Nigli— a las rocas españolas y formar un cuerpo de doctrina que servirá

de base en lo sucesivo para los estudios petroquímicos de detalle que seguramente continuarán efectuándose sobre rocas españolas. Esta es la gran importancia que para nosotros tiene la Memoria del doctor Parga Pondal.

Terminada la obra en abril de 1934, por su carácter de tesis doctoral, no se ha publicado hasta agosto del 35, y a mis manos no ha llegado hasta el 15 del corriente mes. Dentro de dos o tres meses aparecerá otra obra general sobre Petrografía de las rocas eruptivas de España, que yo escribí para concursar al premio extraordinario de la Academia de Ciencias de Madrid, y que, terminada en septiembre de 1933, no ha empezado a publicarse hasta febrero del 1936. Estas dos obras constituyen la síntesis de nuestros conocimientos actuales sobre Petrografía Hispánica; de carácter químico, la de Parga; de carácter mineralógico, estructural y geológico, la mía. Ya era hora de que se expresara y manifestara en publicaciones de carácter general la extraordinaria riqueza petrográfica de nuestro suelo.

\*

\*\*

Consta la obra de Parga Pondal de 174 páginas, con 56 figuras en el texto, dividida en las siguientes partes:

Después de un breve prólogo, explicación de los métodos que ha seguido, material que ha utilizado y asistencia de otros profesores que le han alentado, suministrando datos o ejemplares, etc., con el título de *Introducción*, inserta una serie de consideraciones muy acertadamente escogidas y oportunamente expuestas, ya que por no hallarse datos ni estudios de esta clase en la literatura petrográfica española, serían contados los que podrían leer este trabajo. La clara explicación de éstos que hace en la primera parte, permitirá a los geólogos españoles no familiarizados con el léxico, fórmulas y métodos que emplea el autor en su Memoria, seguir la obra y poder en lo sucesivo estudiar los trabajos que vayan apareciendo. Describe después los caracteres de las tres grandes divisiones o provincias petrográficas:

I. *Provincias pacíficas*. Sus principales minerales son: cuarzo y feldespato, ortosa en las rocas muy ácidas, en las de menor acidez, plagioclasas que presentan frecuentemente estructuras zonales; biotita, ortoaugita, augita y horblenda ordinarias y olivino. Las provincias de este carácter se encuentran preferentemente en regiones que han sufrido al mismo tiempo grandes empujes orogénicos con formación de montañas por plegamiento. Presentan un carácter petroquímico calco-alcalino y son ricas en yacimientos metalíferos magmáticos.

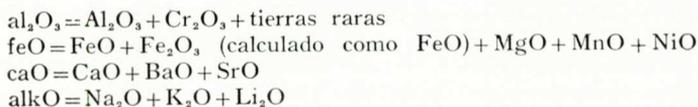
II. *Provincias atlánticas*. Rocas con feldespatos alcalinos, abundando las formaciones perfiticas; las plagioclasas son más raras, el cuarzo solamente entra en las más ácidas; son minerales frecuentes los feldespatoides, como nefelina, hauyna, sodalita, noseana, cancrinita y melilita; también pueden encontrarse biotita (rica en hierro), lepidomelana, augitas y horblendas alcalinas, etc. Estas provincias se encuentran casi siempre fuera de las zonas orógenas, o sea en las fosas o depresiones

interiores de las mismas o en sus antepaíses. Las rocas correspondientes presentan un marcado predominio de sodio, siendo sus magmas ya-cimientos característicos de zirconio y de elementos de las tierras raras.

III. *Provincias mediterráneas.* Formadas por rocas que contienen frecuentemente leucita, melilita y biotita, ocupando un lugar intermedio por todo lo demás entre las provincias atlánticas y pacíficas. Se encuentran principalmente en los límites de las zonas de fractura de los grandes plegamientos, p. ej., en Italia, y también en las regiones intermedias entre las zonas de plegamiento y su antepaís o sus fosas interiores. Su quimismo se caracteriza por el predominio de la potasa.

A continuación, expone el método de P. Niggli para la representación del quimismo de las rocas, cálculo de los valores de Niggli, métodos de proyección de éstos y obtención de diagramas que permiten hacer fácilmente la comparación de los valores y reconocer las relaciones magmáticas. Como que muchos de nuestros consocios poseen trabajos aparecidos recientemente, en que figuran los valores de Niggli, creo muy conveniente, para los que no puedan tener la obra de Parga, insertar aquí el modo de calcular estos valores y la significación de ellos, transcribiendo párrafos de la Memoria del doctor Parga.

Partiendo de los valores que expresan los análisis químicos de las rocas, es decir, el tanto por ciento en óxidos de los elementos constituyentes, se calculan los correspondientes cocientes moleculares o números moleculares (del mismo modo que se hace para obtener los valores de Osann, más conocidos entre nuestros lectores), dividiendo el peso que da el análisis por el molecular del óxido correspondiente (Osann publicó unas tablas en que estos valores están ya calculados para todos los óxidos que entran en el análisis petroquímico, en la obra de Niggli figuran los pesos moleculares correspondientes a cada uno). Estos números moleculares se agrupan de la siguiente manera, entendiéndose que todas las relaciones que siguen están efectuadas con estos números moleculares :



Con estos datos se calculan los cuatro valores fundamentales cuyos símbolos al, c, fm y alk están definidos por las siguientes igualdades :

$$\begin{aligned} \text{si} &= \frac{\text{al}_2\text{O}_3 \times 100}{\text{al}_2\text{O}_3 + \text{feO} + \text{caO} + \text{alkO}} & \text{fm} &= \frac{\text{feO} \times 100}{\text{al}_2\text{O}_3 + \text{feO} + \text{caO} + \text{alkO}} \\ \text{c} &= \frac{\text{caO} \times 100}{\text{al}_2\text{O}_3 + \text{feO} + \text{caO} + \text{alkO}} & \text{alk} &= \frac{\text{alkO} \times 100}{\text{al}_2\text{O}_3 + \text{feO} + \text{caO} + \text{alkO}} \end{aligned}$$

Por lo tanto tendremos que

$$\text{al} + \text{fm} + \text{c} + \text{alk} = 100.$$

A este grupo de sustancias básicas se contraponen los radicales ácidos existentes en la roca,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , y los menos frecuentes  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ , S, etc. Calculando sus correspondientes valores moleculares de la siguiente manera se obtiene el valor de Niggli

$$si = \frac{\text{SiO}_2 \times 100}{\text{al}_2\text{O}_3 + \text{feO} + \text{caO} + \text{alkO}}$$

y del mismo modo se obtienen los valores ti, zr,  $\text{p}_2\text{o}_5$ , h,  $\text{co}_2$ ,  $\text{so}_3$ ,  $\text{cl}_2$ , s, etc.

A todos estos valores añade Niggli los dos siguientes que determinan importantes relaciones para la clasificación magmática:

$$k = \frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{alkO}} \qquad \text{mg} = \frac{\text{Mg}}{\text{feO}}$$

En general, para la mayor parte de las consideraciones sobre el quimismo de las rocas eruptivas y aun de las metamórficas es suficiente calcular los valores

si; al, fm, c, alk; k, mg.

mediante los cuales puede caracterizarse perfectamente una roca desde el punto de vista de su quimismo e incluso establecer importantes conclusiones sobre su composición mineralógica normal.

El siguiente cuadro puede servir de ejemplo de esta clase de cálculo e interpretación del análisis químico-petrográfico:

	1	2	3	4		1	2	3	4
$\text{SiO}_2$ . . . .	40,81	44,82	47,66	64,78	si	80	97	107,5	266
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . .	10,03	14,06	14,36	17,81	al	11,5	18	19	43
$\text{Fe}_3\text{O}_2$ . . . .	6,81	4,56	2,83	2,91	fm	52	49	48,5	10,5
$\text{FeO}$ . . . . .	5,84	7,27	8,44	0,24	c	28,5	22,5	22,5	2,5
$\text{MnO}$ . . . . .	0,14	0,00	—	0,10	alk	8	10,05	10	44
$\text{MgO}$ . . . . .	11,06	8,60	8,19	0,08	k	0,30	0,29	0,22	0,25
$\text{CaO}$ . . . . .	13,50	9,56	9,36	0,54	mg	0,62	0,37	0,57	0,05
$\text{Na}_2\text{O}$ . . . . .	2,97	3,69	3,51	8,28					
$\text{K}_2\text{O}$ . . . . .	2,02	2,30	1,54	4,16					
$\text{H}_2\text{O}+$ . . . . .	2,73	0,30	0,17	0,22					
$\text{H}_2\text{O}-$ . . . . .	0,97	0,05	0,20	0,13					
$\text{CO}_2$ . . . . .	0,00	0,00	0,00	0,00					
$\text{TiO}_2$ . . . . .	3,07	4,25	3,83	0,44					
$\text{P}_2\text{O}_5$ . . . . .	0,31	0,67	0,45	0,12					

1. Monchiquita de San Feliu de Buxalleu, análisis Parga Pondal.
2. Basanita nefelínica del Montsacopa, Olot, análisis de Washington.
3. Basalto feldespático de Castellfullit, análisis de Washington.
4. Traquita egrínica de Vilacolum, análisis de Parga Pondal.

Con el fin de hacer más sencilla la comparación de estos valores se recurre a la proyección de los mismos, obteniéndose diagramas sumamente instructivos y útiles que permiten descubrir importantes relaciones magmáticas.

Las posibles variaciones existentes entre los valores  $al$ ,  $fm$ ,  $c$  y  $alk$ , pueden proyectarse en un tetraedro (fig. 1), cuyos vértices sean  $al=100$ ,  $fm=100$ ,  $c=100$  y  $alk=0$ . El de cada grupo magmático ocupa un lugar

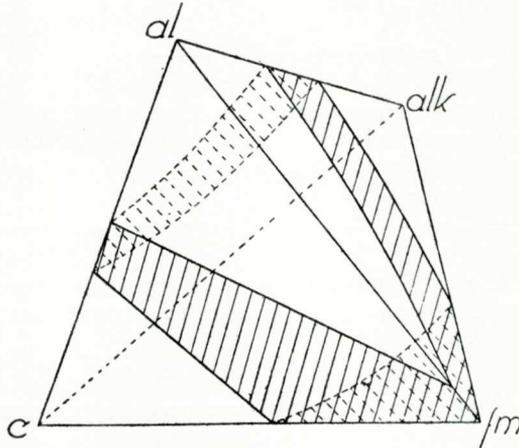


Figura 1

Tetraedro de concentración  $al$ - $fm$ - $c$ - $alk$ , según Niggli.

perfectamente determinado. Pero para evitar los inconvenientes de toda representación en el espacio se recurre a la proyección en el plano, haciendo diez cortes en el tetraedro de Niggli por medio de diez planos que pasan por la arista  $alk$ - $c$  (fig. 2) y por diez puntos equidistantes situa-

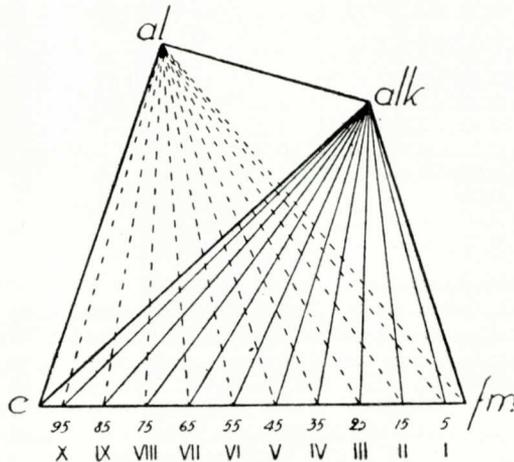


Figura 2

dos en la arista c-fm, con lo cual se introduce un nuevo valor proyectivo  $c/fm$ , que nos indicará en que sección o corte cae, dentro del tetraedro, la proyección de la roca estudiada (fig. 3).

Pero la mayor utilidad del método de Niggli reside en sus interesantes diagramas de diferenciación magmática, que se obtienen al hacer depender los valores,  $al$ ,  $fm$ ,  $alk$ , de los correspondientes de sí dentro

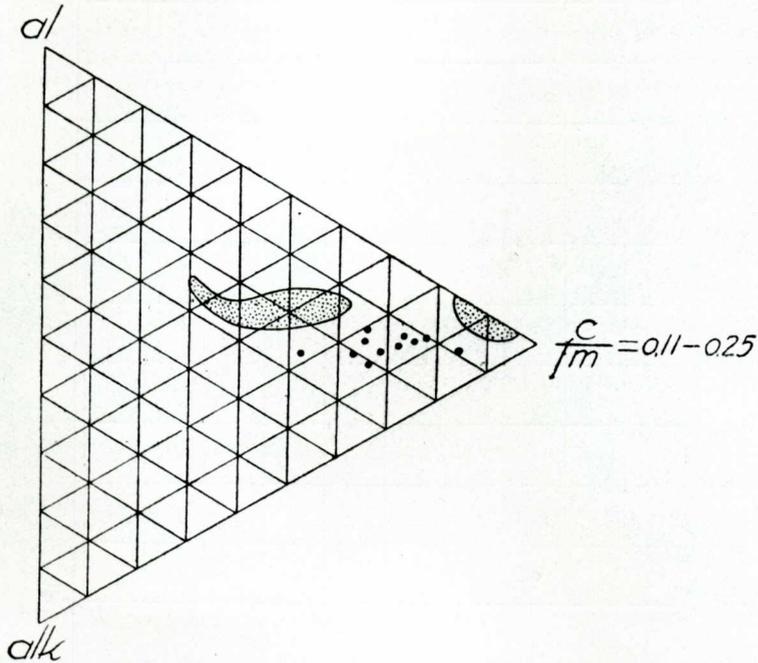


Figura 3

Corte II del tetraedro mostrando el campo magmático de los lamprófidos (zonas punteadas) y la proyección de las rocas de la región de la Sierra de las Cabras (puntos gruesos).

de un grupo determinado de rocas, tomando estos últimos como abscisas y los primeros como ordenadas. De esta manera se observa que para cada proceso de diferenciación, dentro de un conjunto de rocas que pertenecen a la misma unidad geológico-tectónica, corresponde una curva de diferenciación magmática perfectamente definida, la cual sirve por sí sola para establecer las características fundamentales de las diferentes provincias petrográficas.

Los parámetros  $k$  y  $mg$  se proyectan en un diagrama rectangular que tenga por abscisas los valores  $k$  de 0 a 1 y por ordenadas los  $mg$  de 0 a 1 (fig. 4); de esta manera las rocas ricas en Fe y Na se agrupan en el ángulo inferior izquierdo, las ricas en K y Fe en el inferior derecho,

las en Mg y Na en el superior izquierdo y las con gran cantidad de Mg y K en el superior derecho.

A esta parte sigue un interesante capítulo, titulado «Consideraciones históricas sobre la clasificación de los magmas de la Península Ibérica», ilustrado con un mapa de la distribución de las manifestaciones mag-

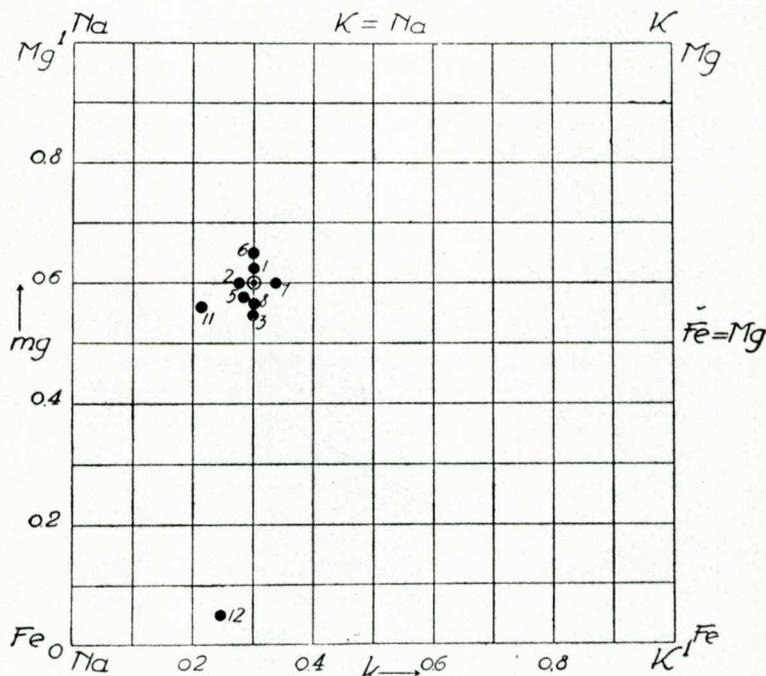


Figura 4

Olot - Gerona. — Diagrama k-mg.

máticas terciarias, según el cual todas las rocas volcánicas modernas de ella pueden agruparse en dos zonas, una que cae dentro del sistema Bético y otra que queda fuera de él y se localiza en el antepaís (fig. 5).

Entra a continuación en el estudio petroquímico detallado de las principales erupciones, incluyendo en el grupo zona Bética las de

Isla de Alborán.

Región volcánica del Cabo de Gata.

Región volcánica de la Sierra de Las Cabras

y en el del antepaís ibérico las de

Erupción de Cofrentes.

Islas Columbretes.



ticularidades del quimismo de cada una de las regiones volcánicas y que son :

1. Provincia pacífica de la zona Bética.
2. Provincia atlántica del antepaís ibérico.
3. Provincia Mediterránea-lamproítica, del borde externo de la zona Bética entre la zona orógena y el antepaís.

Termina con unas consideraciones sobre las «Relaciones entre el quimismo y la posición geográfica y geológica de las manifestaciones magmáticas peninsulares» y unas conclusiones de las cuales transcribo íntegramente las cinco últimas por su interés geológico.

De la crítica y estudio de 122 análisis químicos de rocas procedentes de casi todas las manifestaciones volcánicas de la Península, se demuestra que la totalidad de las erupciones postalpinas peninsulares pueden agruparse químicamente en las tres grandes provincias petrográficas propuestas por Niggli: La atlántica, la pacífica y la mediterránea.

Quedan determinadas las características peninsulares de cada una de las tres provincias, comprobándose que la marcha de las diferenciaciones atlántica y pacífica son normales, pero no así la mediterránea, que presenta un aspecto sumamente particular, siendo totalmente desconocida hasta el presente otra parecida, para la cual proponemos la denominación de mediterránea lamproítica; fijándose perfectamente sus características diferenciales por medio de diagramas.

Las tres provincias, atlántica, pacífica y mediterránea, se distribuyen en la superficie de la Península Ibérica siguiendo las leyes generales establecidas por Niggli con relación a las condiciones geológico-geográficas de la misma, de tal manera, que las rocas pacíficas se hallan al interior de la zona bética, las atlánticas se extienden por todo el resto de la Península, lo que confirma la idea ya expresada por los geólogos de que la masa peninsular que se extiende al Norte de la zona Bética en su antepaís, y por último, las rocas de carácter mediterráneo se encuentran precisamente circunscritas a la región límite entre la zona orógena Bética y su antepaís.

La anterior distribución del quimismo magmático confirma, si nos valemos únicamente de consideraciones de índole química, los puntos de vista actuales de la tectónica peninsular.

Tanto dentro de la zona Bética como en su antepaís, el carácter pacífico o atlántico, respectivamente, se acentúa a medida que nos alejamos del límite de ambos.

Barcelona, 18 de abril de 1936.

M. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA