

## Caracterización geoquímica del vulcanismo de la Región Central Española

por

E. Ancochea (\*) y E. Ibarrola (\*\*)

**Palabras clave:** Petrología, Vulcanismo, Geoquímica, Elementos mayores, Elementos menores, Basaltos olivínicos alcalinos, Basanitas, Nefelinitas olivínicas, Melilitas olivínicas, Leucititas olivínicas, Neógeno, Península Ibérica.

**Key words:** Petrology, Volcanism, Geochemistry, Major elements, Minor elements, Basalts, Alkali olivine basalts, Basanites, Olivine nephelinites, Olivine melilitites, Olivine leucitites, Neogene, Iberian Peninsula.

### RESUMEN.

Se presentan los resultados de más de 100 análisis de elementos mayores y menores de las rocas de la Región Volcánica Central Española, efectuando un estudio estadístico de la variabilidad general y caracterizando geoquímicamente los distintos tipos litológicos.

El paso de basaltos olivínicos alcalinos a basanitas, nefelinitas olivínicas, melilitas olivínicas y melilitas olivínicas va acompañado de una disminución de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y aumento de Mg, Ca, P, Mn y elementos menores incompatibles. El contenido en álcalis, hierro total, Rb, Cr, Co y Ni es muy similar en todos los grupos. Estas diferencias reflejan esencialmente una disminución en el grado de fusión parcial en los diferentes tipos, así como la participación selectiva de las distintas fases minerales en la fusión. Las leucititas olivínicas constituyen un grupo claramente independiente del resto.

### ABSTRACT.

More than 100 rocks from the volcanic suites of Central Spain have been analyzed for major and minor elements. The geochemical features of the different lithological types have been deduced from the statistical treatment of the general variability.

In the sequence from alkali olivine-basalts to basanites, olivine nephelinites, olivine-nepheline melilitites and olivine melilitites, the silica and alumina contents decrease whereas the Mg, Ca, P, Mn and incompatible minor elements increase. The content of alkalis, total iron, Rb, Cr, Co and Ni remain very similar in all the rock types.

All these variations are essentially consistent with differences in the degree of partial melting for every magma which had to involve selective melting of the different mineral phases of the parent material.

(\*) Departamento de Petrología. Facultad de Ciencias Geológicas. U. C. Madrid.

(\*\*) U. E. I. de Petrología. Instituto de Geología Económica. C. S. I. C.

## INTRODUCCIÓN.

La Región Volcánica Central Española, o de los Campos de Calatrava, está constituida por más de 170 centros volcánicos, dispersos por un área de unos 5.000 kilómetros cuadrados, toda ella en la provincia de Ciudad Real. El objeto de este trabajo es el de caracterizar geoquímicamente los materiales que aparecen en ella, analizando su contenido en elementos mayores, menores y características normativas, tanto desde un punto de vista general como para cada litología independiente.

En la bibliografía existe ya una serie de análisis de elementos mayores de estas rocas. Los primeros corresponden a MENÉNDEZ PUGET (publicados en LA ROSA *et al.*, 1929), y, en general, son bastante incompletos. El primer estudio serio del quimismo de las rocas de Campos de Calatrava lo efectúan BURRI y PARGA PONDAL (1933), presentando ocho análisis de roca total que posteriormente recoge PARGA PONDAL (1935), incluyendo otro más. Todos estos análisis se recopilan en la tabla 1, pero no serán utilizados en la discusión de los datos por haberse empleado en su obtención técnicas que los desfiguran parcialmente, sobre todo en su contenido en  $TiO_2$  y  $Al_2O_3$ . Desde los años sesenta, el Departamento de Petrología de la Universidad Complutense inició sus estudios sobre esta región volcánica, y fruto de ello es la existencia de numerosos análisis, sobre todo de elementos mayores, en general no publicados (p. ej., PEÑA PITA, 1965); sólo cuatro de ellos fueron publicados por IBARROLA y BRÄNDLE (1974) y tres por ANCOCHEA, 1974.

## METODOLOGÍA.

El estudio de la variabilidad geoquímica se ha efectuado fundamentalmente a partir de los análisis químicos de roca total de la mayoría de los afloramientos. Este se ha enfocado bajo dos aspectos fundamentales: elementos mayores (Si, Al,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , Mn, Mg, Ca, Na, K, Ti, P y  $H_2O$ ) y elementos menores (Ba, Ce, Co, Cr, La, Nb, Ni, Rb, Sr, Y y Zr). En total se han efectuado 121 análisis correspondientes a 103 afloramientos. De 114 se han medido tanto su contenido en elementos mayores como menores (23 elementos).

El criterio empleado en la selección ha sido el de analizar la mayor parte de los afloramientos de cierta entidad y con muestras no muy alteradas. En cualquier caso, se ha analizado la totalidad de las variedades petrológicas, y en muchas ocasiones se han realizado más de un análisis de un afloramiento por existir distintos tipos litológicos dentro de él o por su singularidad (p. ej., Morrón de Villamayor).

Los procedimientos empleados para la determinación del contenido en elementos mayores han sido dos: uno por vía húmeda exclusivamente (V. H.) y el otro esencialmente por fluorescencia de Rayos-X (F. R. X.) excepto  $FeO$ ,  $H_2O$  y  $CO_2$ . De los 121 análisis que presentamos, 46 se han efectuado de la primera manera y 75 de la segunda. Para los análisis por vía húmeda se han seguido los métodos que normalmente utiliza el Laboratorio del Departamento de Petrología.

La medición de elementos mayores mediante fluorescencia de Rayos-X presenta inconvenientes, cuando se realiza en muestras sin fundir, por las distintas interferencias que pueden producir cada tipo de matriz. Sin embargo, éstas pueden

ser subsanadas en buena parte cuando se utilizan patrones de rocas análogas (y, por tanto, con análogos efectos de matriz) a las que se pretenden medir.

En nuestro caso hemos empleado como patrones adicionales a los internacionales (BR, BCR-1, AGV-1, GSP-1, DTS-1, W-1, SY-1, SY-2, etc.) las 40 rocas de esta misma región analizadas por vía húmeda. Esto permite tanto superar el efecto de matriz como, debido al elevado número de patrones empleados, compensar los posibles errores analíticos que pudieran tener las determinaciones por vía húmeda.

Los elementos menores se han determinado mediante fluorescencia de Rayos-X, con las condiciones standard empleadas por el Laboratorio del Departamento de Petrología (BRÄNDLE y CERQUEIRA, 1972; BRÄNDLE *et al.*, 1974) y con las pequeñas modificaciones necesarias para cada caso. Se han calculado así los contenidos en Ba, Ce, Co, Cr, La, Nb, Ni, Rb, Sr, Y y Zr. La precisión en todos ellos no es la misma, siendo los menos precisos los de concentraciones más pequeñas (p. ej., Nb); aunque en todos ellos el error es de poca entidad (BRÄNDLE y CERQUEIRA, 1972).

#### RESULTADOS OBTENIDOS.

Los resultados obtenidos aparecen en la tabla 2, en ella se expresan los contenidos en elementos mayores y menores, su norma CIPW y el valor MG ( $100 \cdot \text{Mg}/\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}$ , para  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0,15$ ), indicándose asimismo si el análisis de los elementos mayores se ha realizado por vía húmeda (V. H.) o por fluorescencia de Rayos-X (F. R. X.).

En la misma tabla figura una relación en la que se indica para cada análisis la clasificación normativa de la roca, la localidad de procedencia, el número de lámina delgada dentro de la colección del Departamento de Petrología, los análisis que lo han efectuado y el número de la hoja del mapa topográfico nacional 1:50.000 donde se encuentran.

El análisis de la variabilidad geoquímica se ha basado esencialmente en el estudio de los valores medios y de los histogramas para cada elemento. En la tabla 3 se incluyen la media de los distintos grupos; éstos difieren de los que aparecen en las figuras 1 a 4, ya que para su cálculo se han desechado los análisis anómalos. En la media de las leucititas olivínicas se han excluido los términos melano-cráticos. Los análisis 116 a 121 no se incluyen en la discusión por tratarse de tipos escoriáceos fuertemente oxidados y alterados (120 y 121) o con ligera contaminación de enclaves (116-119).

Se han distinguido, atendiendo a sus características normativas, los siguientes grupos de rocas:

- 1.—Basaltos olivínicos (A. O. B.): con Ol, An, Or, Ab, y Ne normativa, con  $\text{Ne} < 5\%$ .
- 2.—Basanitas y basanitoides (bsn.) con Ol, An, Or, Ab, y Ne con  $\text{Ne} > 5\%$  y  $\text{Ab} > 5\%$ .
- 3.—Nefelinitas olivínicas (N. O.): con Ol, An, Or  $\pm$  Le, Ne  $\pm$  Ab, Ne  $> 5\%$  y  $\text{Ab} < 5\%$ .
- 4.—Melilititas olivínico-nefelínicas (M. O. N.): con Ol, Le, Ne, Ln, An, pero sin melilita modal.

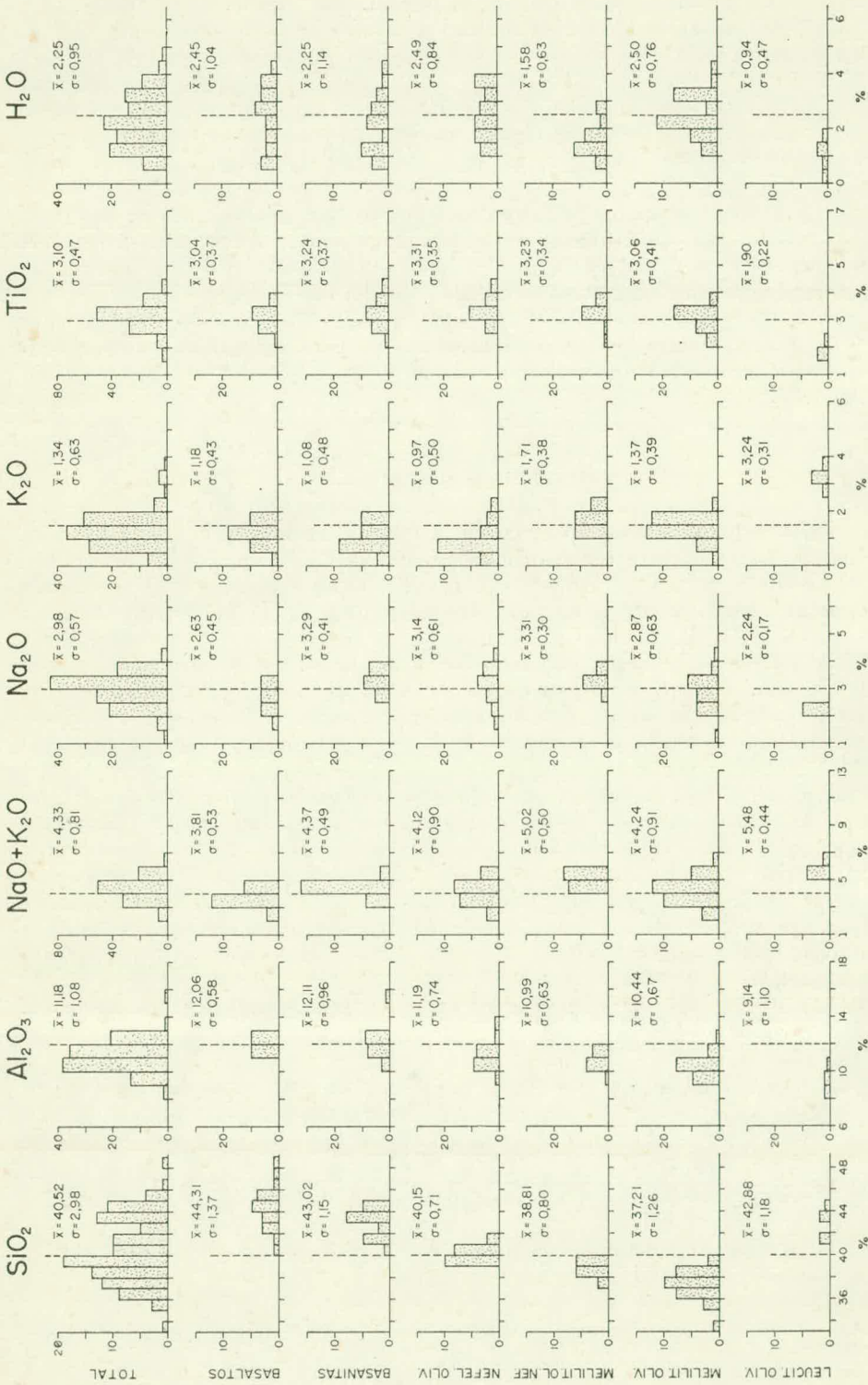


Fig. 1.—Histogramas, medias y desviación de los elementos mayores en los distintos grupos de rocas (I).

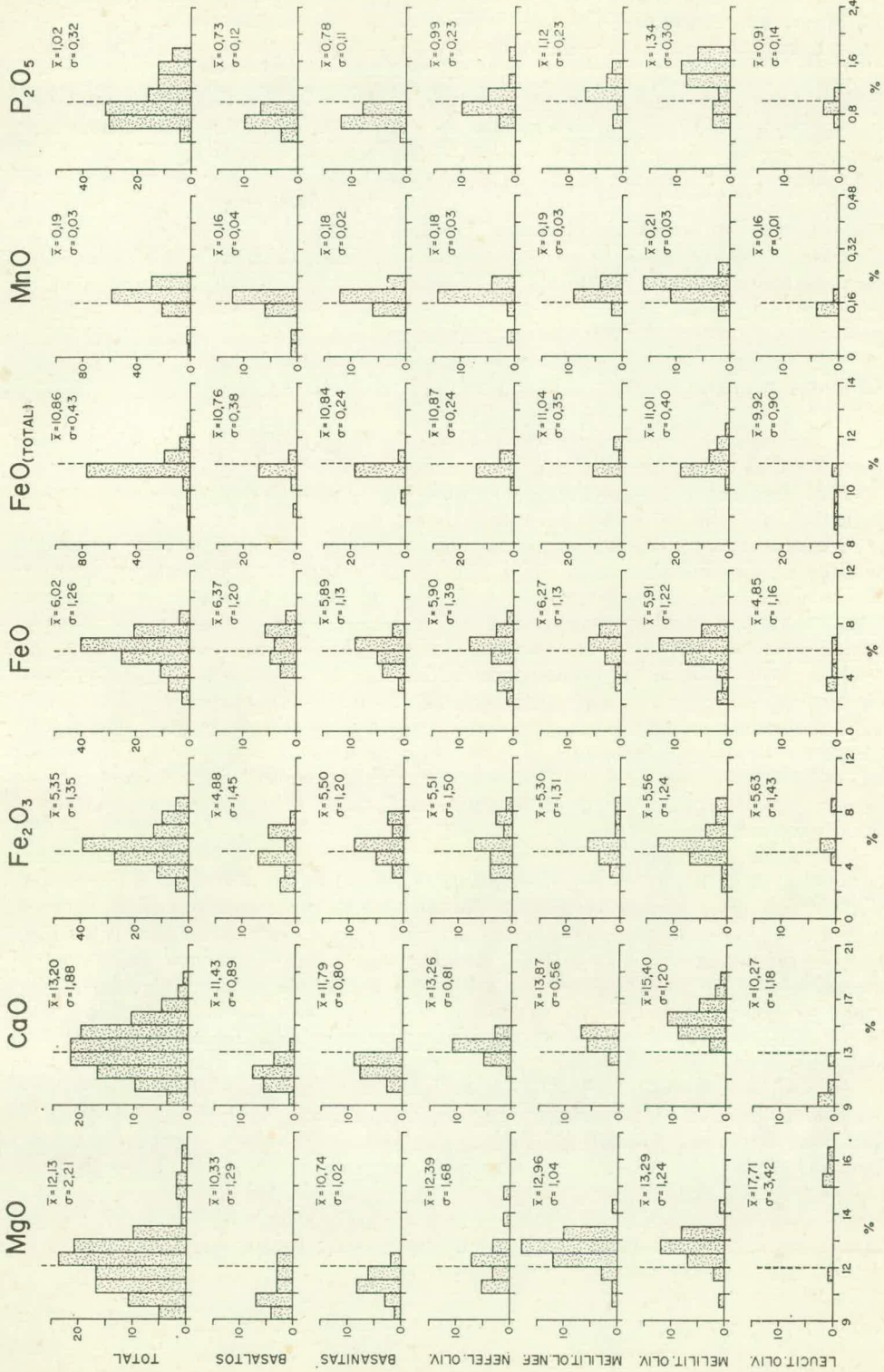


Fig. 2.—Histogramas, medias y desviación de los elementos mayores en los distintos grupos de rocas (II).

- 5.—Melilitas olivínicas (M. O.): igual que las melilitas olivínico-nefelínicas, pero con melilita modal.
- 6.—Leucititas olivínicas: con leucita modal y  $K_2O > Na_2O$ .

Se ha empleado además el prefijo "mela" para rocas con gran cantidad de ferromagnesianos. Estos grupos equivalen, a grandes rasgos, a los grupos modales existentes en la región (ANCOCHEA, 1982): los basaltos normativos lo son también modales, las basanitas no tienen equivalente modal y suelen corresponder a basaltos modales (55 %) y a limburgitas (30 %), las nefelinitas olivínicas normativas equivalen a nefelinitas olivínicas modales (35 %) y a limburgitas (65 %), las melilitas olivínico-nefelínicas normativas equivalen también a nefelinitas olivínicas modales (94 %). Melilitas olivínicas y leucititas olivínicas son tipos modales por definición.

### Elementos mayores.

En las figuras 1 a 4 puede verse el histograma, media y desviación de los elementos mayores y menores. En total se representan 20 basaltos olivínico-alcalinos, 21 basanitas, 20 nefelinitas olivínicas, 15 melilitas olivínico-nefelínicas, 31 melilitas olivínicas y cinco leucititas olivínicas.

Si exceptuamos los dos análisis extremos, el rango de variación del contenido en sílice está incluido entre el 35 % y el 46 %; rango no muy amplio, pero sí relativamente importante dentro de este tipo de rocas. La media se sitúa en 40,52 % y la distribución tiene tendencia a la bimodalidad, con una moda situada entre el 38 % y el 39 % y otra entre el 43 y el 45 %, el mínimo corresponde al 42-43 %. Este mínimo no corresponde a un tipo de rocas menos representado, sino que existe un cierto "gap" composicional en esos valores.

El contenido en  $SiO_2$  de los distintos grupos presenta claras diferencias, con sus correspondientes solapamientos en algunos casos, o la falta de ellos en otros. Así, mientras que las melilitas olivínicas varían entre el 33,58 % y el 39,81 % de  $SiO_2$ , sin superar nunca el 40 %, ninguna basanita o basalto olivínico-alcalino tienen menos del 40 % de  $SiO_2$ .

Los basaltos olivínico-alcalinos son los que poseen un mayor contenido en  $SiO_2$ , con media próxima al 44 %; las melilitas olivínicas se sitúan en el extremo opuesto, con unas medias del 37,2 % de  $SiO_2$ . Las nefelinitas olivínicas corresponden a un paso de mayor contenido en  $SiO_2$  con respecto a las melilitas olivínicas, con una media del 40,15 %. Las basanitas (Bsn) no tienen una caracterización clara, con valores parecidos a los de los basaltos olivínico-alcalinos y en menor proporción a los de las nefelinitas olivínicas. Las leucititas olivínicas corresponden por su contenido en  $SiO_2$  a rocas intermedias entre basaltos y nefelinitas olivínicas.

En resumen, la  $SiO_2$  define bastante claramente cada grupo litológico, observándose un progresivo aumento en su contenido al pasar de melilita olivínica a nefelinitas olivínicas y basaltos olivínico-alcalinos, indicando una progresiva disminución de la subsaturación; esta variabilidad hace que sea útil el uso de diagramas  $SiO_2$ -elementos.

El rango de variación del aluminio en estas rocas es mucho menor. Si exceptuamos la más extrema (una roca con analcima), todas las rocas poseen contenidos

entre el 8 % y el 14 % de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , y todas menos tres entre el 9 % y el 13 %. La media corresponde a 11,18 % y la distribución es claramente unimodal.

Sin embargo, al igual que sucedía con el  $\text{SiO}_2$ , existe una tendencia a la disminución en el contenido en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , desde los basaltos a las melilititas olivínicas (medias de 12 % las primeras y de 10 %, aproximadamente, las segundas). Las nefelinitas olivínicas ocupan posiciones intermedias  $\approx 11,1$  % y las basanitas siguen siendo un grupo peor definido pero intermedio entre nefelinitas y basaltos, con tendencias a una similitud superior entre los primeros que entre los segundos. El aluminio de las leucititas olivínicas corresponde al mínimo de toda la región ( $\bar{x} = 9,14$ ), sin que se separen los términos más melanocráticos de los menos, a pesar de ser claramente diferentes.

La distribución del contenido en **hierro (total)** es una de las que más llama la atención por su prácticamente nula variación. Esta falta de variación ha sido ya señalada por VELDE y YODER (1976) cuando comparan melilititas olivínicas y basaltos; aquí no sólo se da entre esos grupos, sino entre todos los distinguidos. La media de 10,86 % de  $\text{FeO}_{\text{total}}$ , con una desviación de 0,43, lo prueba, así como las medias de cada grupo, que presentan una mínima variación, aumentando ligeramente hacia las melilititas.

El único grupo que no sigue esta norma son las leucititas olivínicas, cuyos contenidos en hierro total varían de 8,80 % a 10,86 %, según se trate de leucititas olivínicas o melaleucititas olivínicas, respectivamente.

Los contenidos en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{FeO}$  son, contrariamente a lo que sucede con el hierro total, mucho más variables, reflejando los distintos grados de oxidación de la roca.

El **férrico** varía entre el 2,50 % y el 8,61 %, con un máximo único en el 5-6 %. La media total: 5,35 %, es similar a la de muchos grupos, destacando únicamente la ligera tendencia a menor contenido medio (aunque no de rango) del óxido férrico en los basaltos frente al resto de las rocas. Las leucititas olivínicas poseen un contenido elevado en hierro férrico con respecto al hierro total.

Las distribuciones del **ferroso** son inversas a las del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : máximo para basaltos y mínimo para las leucititas olivínicas. Ello condiciona la relación  $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que es mínima para las leucititas olivínicas (0,86) y máxima para basaltos (1,30-1,33). El resto de las rocas tienen valores intermedios: 1,06 melilititas olivínicas y 1,07 nefelinitas olivínicas y basanitas.

La casi totalidad de las rocas poseen valores de óxido de **manganeso**, comprendidos entre 0,12 % y 0,24 %. Su distribución es unimodal, con una media de 0,19 %. Dentro de esta escasa diferencia sí se nota una pauta de variación, de aumento, desde basaltos a melilititas olivínicas.

El rango de variación en el contenido en **magnesio** en estas rocas es muy grande, desde 8,40 % a 20,56 % de  $\text{MgO}$ . Sin embargo, pueden distinguirse claramente dos poblaciones: la primera, de menor contenido, cuyo límite superior es el 15 % de  $\text{MgO}$  y a la que pertenecen la gran mayoría de las rocas de esta región, y la segunda, rica en magnesio, a la que pertenecen los términos "mela": melaleucititas olivínicas, melanefelinitas olivínicas y melamelilititas olivínicas. La media total es de 12,33 %. El segundo grupo, rico en  $\text{MgO}$ , puede explicarse por acumulación de fases ferromagnesianas (ANCOCHEA, 1982).

El contenido menor, por grupos, lo poseen los basaltos, con valores medios de 10,3 % y sin superar nunca el 13 %. Las basanitas poseen un mayor contenido, con mayor similitud (ya mencionada) hacia los basaltos. Las nefelinitas olivínicas

poseen un porcentaje de MgO aún superior (mayor del 12 %), tanto se tengan en cuenta los términos "melanocráticos" como no. El contenido en magnesio de las melilititas olivínicas es también característico, con valores en general superiores al 12 % de MgO y con medias de 13,2 % (aprox.), por lo que constituyen los tipos más ricos en este elemento fuera de los términos melanocráticos.

Las leucititas olivínicas presentan una clara bimodalidad, con unos tipos de menor contenido en MgO (11-12 %) y otros (las melaleucititas olivínicas) con extraordinario contenido (18,37 a 20,56 %).

El **calcio** es uno de los elementos que mejor caracteriza cada tipo de roca. Su rango de variación a nivel general es amplio, de 9,34 % a 18,70 % de CaO, con una media de 13,20 %. El paso de basaltos a basanitas, nefelinitas olivínicas y melilititas olivínicas se acompaña de un enriquecimiento notable en calcio. Así, puede observarse que ningún basalto (modal) supera el 13 % de CaO, mientras que todas las rocas con melilita lo hacen. Las leucititas olivínicas se caracterizarían por poseer los menores contenidos de óxido de calcio, con una media de 10,27 %.

El contenido en **álcalis** de estas rocas varía de 2,52 % a 6,76 % ( $\bar{x}$ : 4,33); su distribución es unimodal. La variación de un tipo de rocas a otro es escasa, excepto las leucititas olivínicas que constituyen el grupo más rico en álcalis, con un valor medio de 5,48 %. Entre los otros grupos existe una tendencia a un menor contenido en basaltos y a una mayor concentración en melilititas olivínico-nefelínicas.

El contenido en **sodio** varía entre 1,22 y 4,50 % ( $\bar{x}$ : 2,98) de Na<sub>2</sub>O, pero sin que se aprecien unas pautas claras en dicha variación.

Las leucititas olivínicas, con contenido entre 2 % y 2,5 %, constituyen el grupo con menor porcentaje medio de sodio. Los basaltos son también ligeramente más pobres que los otros grupos en Na<sub>2</sub>O, mientras que el resto de los tipos son bastante similares, aunque algo inferiores las melilititas olivínicas.

El histograma de los contenidos en **potasio** muestra con claridad la bimodalidad de su distribución; un máximo corresponde a la gran mayoría de las rocas y se sitúa entre el 1 y 1,5 % de K<sub>2</sub>O; el otro corresponde a las leucititas olivínicas, con contenidos de K<sub>2</sub>O entre 2,96 % y 3,73 % ( $\bar{x}$ : 3,24). Por lo demás, todos los otros grupos poseen concentraciones análogas, con valores menores para nefelinitas olivínicas y mayores para melilititas olivínico-nefelínicas.

Los contenidos en **titanio** de estas rocas son bastante elevados, variando entre 1,72 y 4,27 (TiO<sub>2</sub>), con un valor medio de 3,10 %. Las menores concentraciones corresponden a las leucititas olivínicas ( $\bar{x}$ : 1,90), muy inferiores al resto de las rocas. En el resto de los grupos los rangos son bastante similares, si bien los valores medios son menores en los términos normalmente extremos: basaltos y melilititas olivínicas y máximos en los intermedios (nefelinitas olivínicas y basanitas).

El **fosfórico** es otro de los óxidos que más claramente varían, aumentando al pasar de basaltos a melilititas olivínicas. Su rango va de 0,54 a 1,77 %, con una media de 1,02 % y una cierta tendencia a la bimodalidad. Basaltos y basanitas no superan el 0,9 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, con valores medios de 0,73 % y 0,78 %, respectivamente. La concentración aumenta para las nefelinitas olivínicas (0,99) y, sobre todo, en las melilititas olivínicas (1,34 %). Las leucititas olivínicas ocupan una posición intermedia, con una media de 0,91 %.

El rango de variación de la concentración de **agua** en estas rocas es muy amplio (0,36 a 4,71 %,  $\bar{x}$ : 2,25). Los menores valores corresponden a las leucititas

olivínicas. El resto de los grupos poseen rangos muy amplios y similares, sin grandes diferencias de unos a otros.

Como resumen de la variación de los elementos mayores podemos decir que las pautas más significativas son las que tienen lugar al pasar de basaltos a basanitas, nefelinitas olivínicas, melilitas olivínico-nefelínicas y melilitas olivínicas. En esta dirección tiene lugar una disminución del contenido en  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , y un aumento de  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Otros elementos siguen pautas diferentes, destacando el  $\text{FeO}_{\text{total}}$  por su constancia, con un mínimo incremento en el sentido antes mencionado.  $\text{Na}_2\text{O}$  y más claramente  $\text{TiO}_2$  parecen concentrarse en los términos intermedios (basanitas y nefelinitas olivínicas).

Las leucititas olivínicas se separan claramente del resto de los grupos, caracterizándose por sus concentraciones intermedias en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{P}_2\text{O}_5$ , mínimas en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}_{\text{total}}$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{TiO}_2$ , máxima en  $\text{K}_2\text{O}$  y bimodal en  $\text{MgO}$ .

### Elementos menores.

Como ya indicamos, han sido determinados: Ba, Ce, Co, Cr, La, Nb, Ni, Sr, Y y Zr. Sus pautas de variación, contenidos medios y desviación para la totalidad de los grupos y para cada uno en particular puede observarse en las figuras 3 y 4.

Los contenidos en **bario** de estas rocas son bastante elevados, variando entre 411 y 1.331 ppm., con un máximo entre 800 y 900 ppm. ( $\bar{x}$ : 805 ppm.). Si bien los rangos son bastante similares en los distintos grupos de rocas, los valores medios son inferiores en los basaltos, intermedios en basanitas y nefelinitas olivínicas y superiores en melilitas olivínicas.

El contenido en Ba de las leucititas olivínicas es aún mayor, con un valor medio de 960 ppm.

Con un intervalo de concentraciones entre 47 y 237 ppm., el **cerio** es uno de los elementos menores que presenta una más clara variación en el paso basaltos a basanitas, nefelinitas olivínicas y melilitas olivínicas. Su concentración media en el conjunto de las rocas de la región es de 110 ppm. Los basaltos poseen valores medios de 77 ppm.; las basanitas, 97 ppm.; nefelinitas olivínicas, 108 ppm.; las melilitas olivínico-nefelínicas, 112 ppm., y melilitas olivínicas, 137 ppm. Las leucititas olivínicas poseen contenidos medios ( $\bar{x}$ : 117 ppm.) similares a las de la media de toda la región.

Excepto las leucititas olivínicas, que alcanzan valores de 79 ppm. de **cobalto** ( $\bar{x}$ : 66 ppm.), la mayoría de las rocas de Campos Calatrava no alcanzan las 60 ppm. La media general ( $\bar{x}$ : 47 ppm.) y las de cada grupo son prácticamente iguales, sin que existan pautas claras de variación.

El contenido en **romo** de estas rocas es bastante elevado. Si excluimos las leucititas olivínicas, que poseen valores entre 912 y 963 ppm., y algunas como la basanita con analcima con concentraciones muy bajas, la mayoría se sitúan entre 200 y 800 ppm. En el resto de los grupos pueden distinguirse unos con valores medios inferiores y próximos a 400 ppm. (basaltos y basanitas) y otro con valores medios próximos a 500 ppm. (nefelinitas olivínicas y melilitas olivínicas).

Las ppm. de **lantano** varían entre 23 y 177, con una media de 79. El paso de basalto a basanitas y nefelinitas olivínicas se efectúa por un ligero incremento en cada paso; siendo la concentración en las melilitas olivínicas bastante superior. Las melaleucititas olivínicas poseen contenidos de lantano relativamente bajos, si-

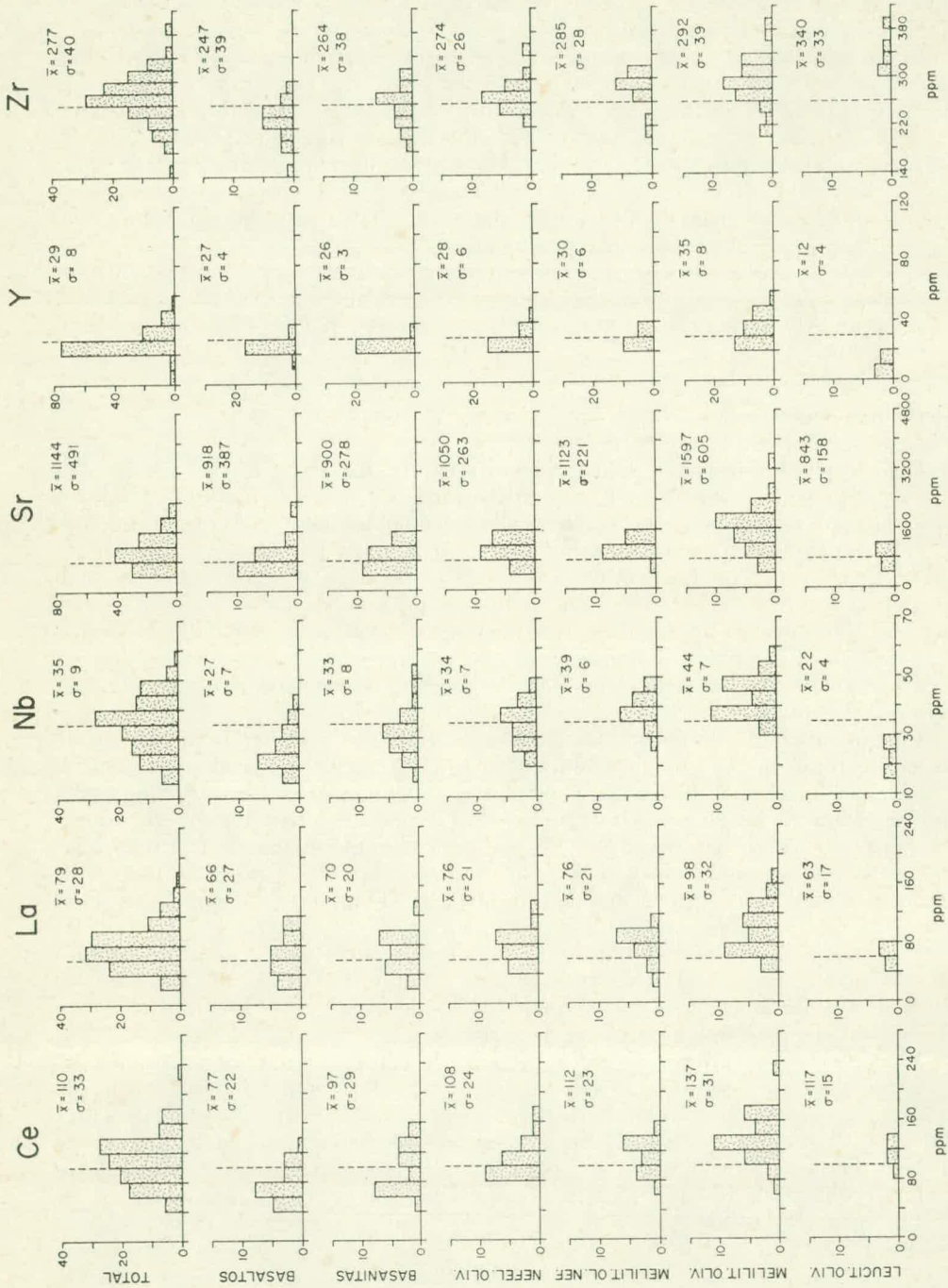


Fig. 3.—Histogramas, medias y desviación de los elementos menores en los distintos grupos de rocas (1).

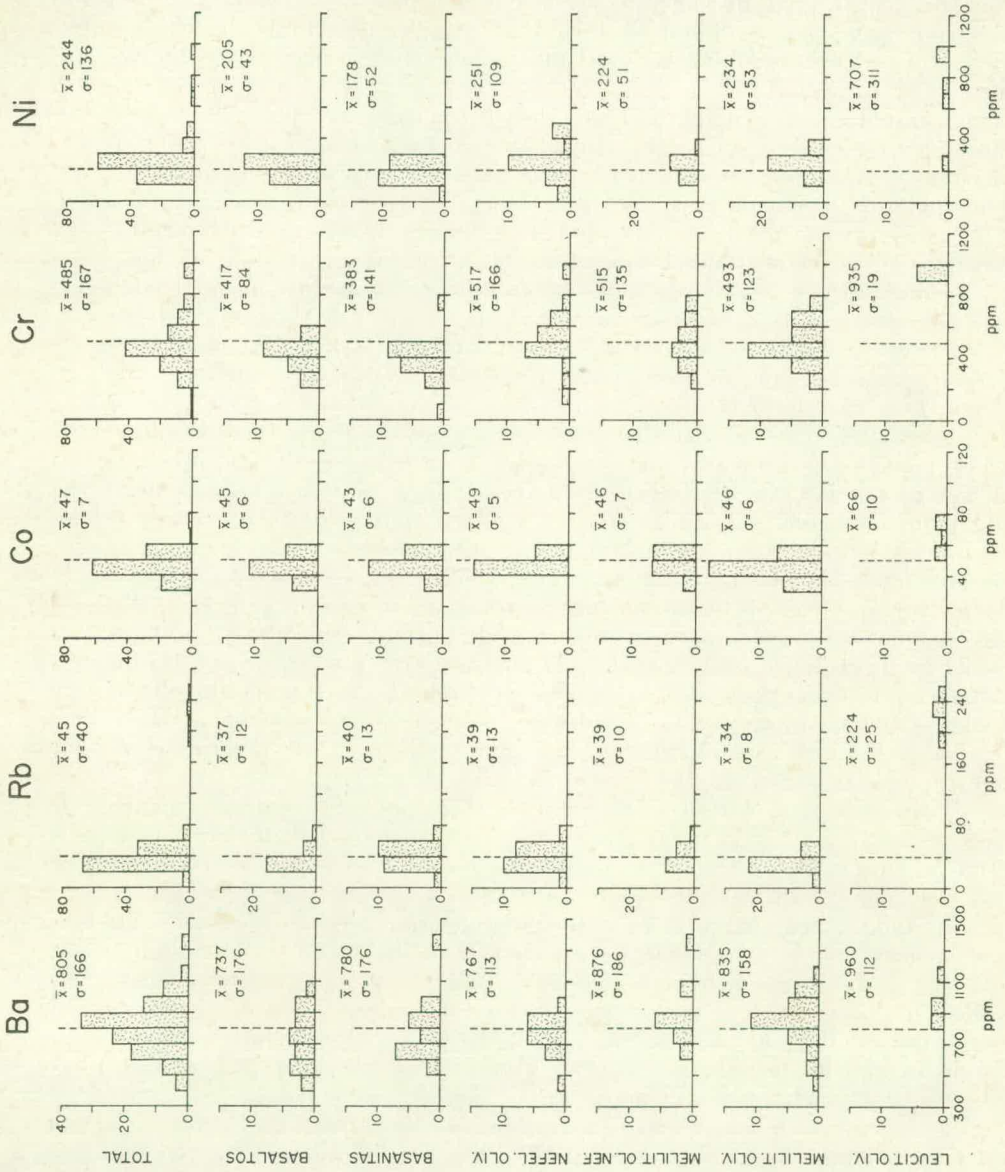


Fig. 4.—Histogramas, medias y desviación de los elementos menores en los distintos grupos de rocas (II).

milares a las de los basaltos. Las leucititas olivínicas (80 ppm.) se sitúan entre melilititas olivínico-nefelínicas y melilititas olivínicas.

El **niobio** en estas rocas varía de 17 a 60 ppm. ( $\bar{x}$ : 35). Es otro de los elementos menores que poseen una variación en los contenidos medios más clara. Los basaltos, con 27 ppm. de valor medio de Nb, dan paso al aumentar este elemento a basanitas, nefelinitas olivínicas, melilititas olivínico-nefelínicas y melilititas olivínicas. Las leucititas olivínicas es el grupo con menor concentración de este elemento ( $\bar{x}$ : 22 ppm.).

El **níquel** es, en general, bastante elevado en todas las rocas; los valores mínimos corresponden a un basalto con analcima; los más altos a los términos melanocráticos, tanto melanefelinitas olivínicas como melaleucititas olivínicas. Al margen de éstos, la mayor parte de las rocas poseen concentraciones entre 100 y 300 ppm., con una media de 244 ppm. Los valores medios más bajos son los de basanitas y los más elevados los de melilititas olivínicas y nefelinitas olivínicas.

La distribución de los contenidos en **rubidio** es claramente bimodal. La moda superior corresponde a las leucititas olivínicas (195 a 257 ppm.,  $\bar{x}$ : 224 ppm.) y la inferior a la del resto de las rocas, con una media total de 45 ppm. En este segundo grupo cada tipo de rocas posee contenidos en Rb muy similares, tanto en rango como en valores medios.

El **estroncio** varía enormemente en estas rocas, desde 470 a 3.476 ppm. ( $\bar{x}$ : 1.144 ppm.). Su contenido aumenta desde basaltos a melilititas olivínicas. La menor proporción de este elemento corresponde a las leucititas olivínicas ( $\bar{x}$ : 843 ppm.); basaltos y basanitas poseen también contenidos relativamente menores, nefelinitas olivínicas y melilititas olivínico-nefelínicas son intermedias, correspondiendo las mayores concentraciones a melilititas olivínicas.

La concentración de **itrio** en estas rocas se mueve entre 8 y 55 ppm. Los valores medios de los otros grupos son bastante parecidos entre sí y similares a la media total; el único grupo que destaca por su mayor proporción son las melilititas olivínicas ( $\bar{x}$ : 35 ppm.). Los valores tan bajos de Y en leucititas olivínicas y melaleucititas olivínicas pueden ser debidos a la interferencia que en F. R. X. presenta este elemento con el rubidio, en el que estas rocas son tan ricas. El valor puede, por lo tanto, no ser significativo en dichas rocas.

El **circonio** varía de 154 a 386 ppm. ( $\bar{x}$ : 277 ppm.). Su contenido aumenta de basaltos a basanitas, nefelinitas olivínicas y melilititas olivínico-nefelínicas y melilititas olivínicas. A las leucititas olivínicas le corresponden los mayores valores de este elemento, con un valor medio de 340 ppm.

En resumen, en cuanto a los elementos menores se refiere, podemos observar que se marca también la pauta de variación desde basaltos a melilititas olivínicas, a través de basanitas, nefelinitas olivínicas y melilititas olivínico-nefelínicas. Esta variación se acompaña de un aumento en los contenidos medios de elementos "incompatibles": Ba, Ce, La, Nb, Sr, Y y Zr. El Cr y Ni presentan también ligeros máximos para las melilititas olivínicas, mientras que las concentraciones en Co y Rb no varían prácticamente de uno a otro de esos grupos de rocas.

Las leucititas olivínicas, en comparación con los otros tipos de rocas, poseen un mayor contenido en Ba, Co, Cr, Ni, Rb y Zr, inferior en La, Nb y Sr, y aproximadamente igual en cerio.

### Diagramas SiO<sub>2</sub>-elementos.

En los diagramas SiO<sub>2</sub>-elementos (figs. 5 y 6) se marcan también claramente las tendencias señaladas a partir del análisis de los valores medios e histogramas de elementos mayores.

Así, puede apreciarse que para el conjunto de todas las rocas sólo existe correlación positiva entre SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (fig. 5), mientras CaO, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y MnO varían claramente de forma inversa a la sílice. FeO<sub>total</sub>, álcalis, Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O no varían con la sílice y el TiO<sub>2</sub> muestra únicamente una disminución con la sílice en los términos basálticos.

Las tendencias a la disminución de CaO y MgO con el SiO<sub>2</sub> podrían inducir a pensar en que unos grupos pudieran proceder de los otros mediante procesos de cristalización fraccionada. Sin embargo, la ausencia de correlación positiva del SiO<sub>2</sub> con FeO<sub>total</sub> y álcalis permite rechazar esta idea. Los elevados valores-MG y los contenidos en Ni confirman el carácter esencial "primario" de estas magmas (ANCOCHEA, 1982).

En el caso de los elementos menores (fig. 6), ningún elemento aumenta con la sílice, disminuyendo claramente los elementos más incompatibles: La, Ce, Y, Zr, Nb y Sr. El Rb permanece constante, separándose claramente, como sucede con el K<sub>2</sub>O, las leucititas olivínicas del resto de las rocas.

Los ferromagnesianos Co, Cr y Ni permanecen más o menos constantes al variar el SiO<sub>2</sub>, si bien se individualizan (sobre todo en el caso del Ni y también en el MgO) una población menor, más rica en estos elementos, cuyas tendencias pueden justificarse mediante procesos de acumulación de fases ferromagnesianas (ANCOCHEA, 1982).

### Características normativas.

Las características normativas de estas rocas serán, lógicamente, un reflejo del contenido en elementos mayores de la roca y han condicionado en buena parte la denominación de las mismas.

El aumento en contenido en SiO<sub>2</sub> al pasar de melilititas olivínicas a melilititas olivínico-nefelínicas, nefelinitas olivínicas, basanitas y basaltos se acompaña con un aumento en el grado de saturación, pasando de poseer An + Ln + Le + Ne en las primeras a An + Or + Ne ± Ab ± Le ± Ln en nefelinitas olivínicas y melilititas olivínico-nefelínicas y An + Or + Ab + Ne en basanitas y basaltos.

La totalidad de las rocas son olivino-normativas y todas menos dos contienen también nefelina normativa. Estas dos corresponderían, por tanto, a toleítas olivínicas (YODER y TILLEY, 1962), o a basaltos olivínicos (GREEN, 1969), por poseer menos del 3 % de hiperstena normativa. Sin embargo, proyectadas en el diagrama SiO<sub>2</sub>-álcalis, las dos se sitúan claramente en el campo alcalino de MACDONALD y KATSURA (1964).

Ambas poseen además un cierto contenido en CO<sub>2</sub>, una en bastante proporción (5,50 % de calcita normativa) y la otra es anormalmente rica en SiO<sub>2</sub> (48,05 %), más que ninguna otra roca de la región y un 3 % más que otras rocas del mismo afloramiento (volcán de la Columba). Es por ello que creemos que no deben tomarse como un grupo de rocas diferentes, sino como anormales, y en cualquier caso no toleíticas.

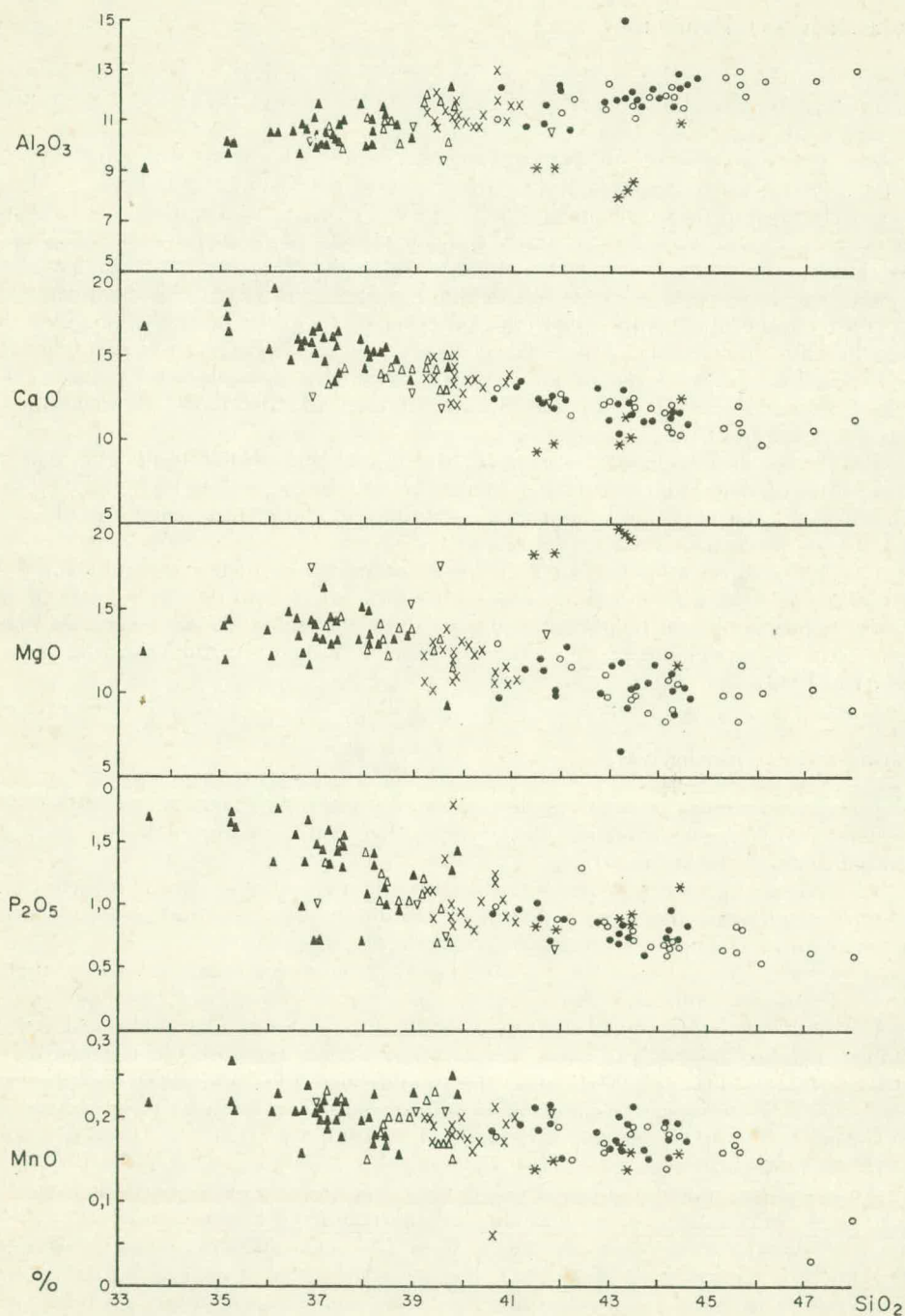


Fig. 5.—Diagramas SiO<sub>2</sub>-óxidos para los elementos mayores. (Significado de los símbolos en la fig. 6.)

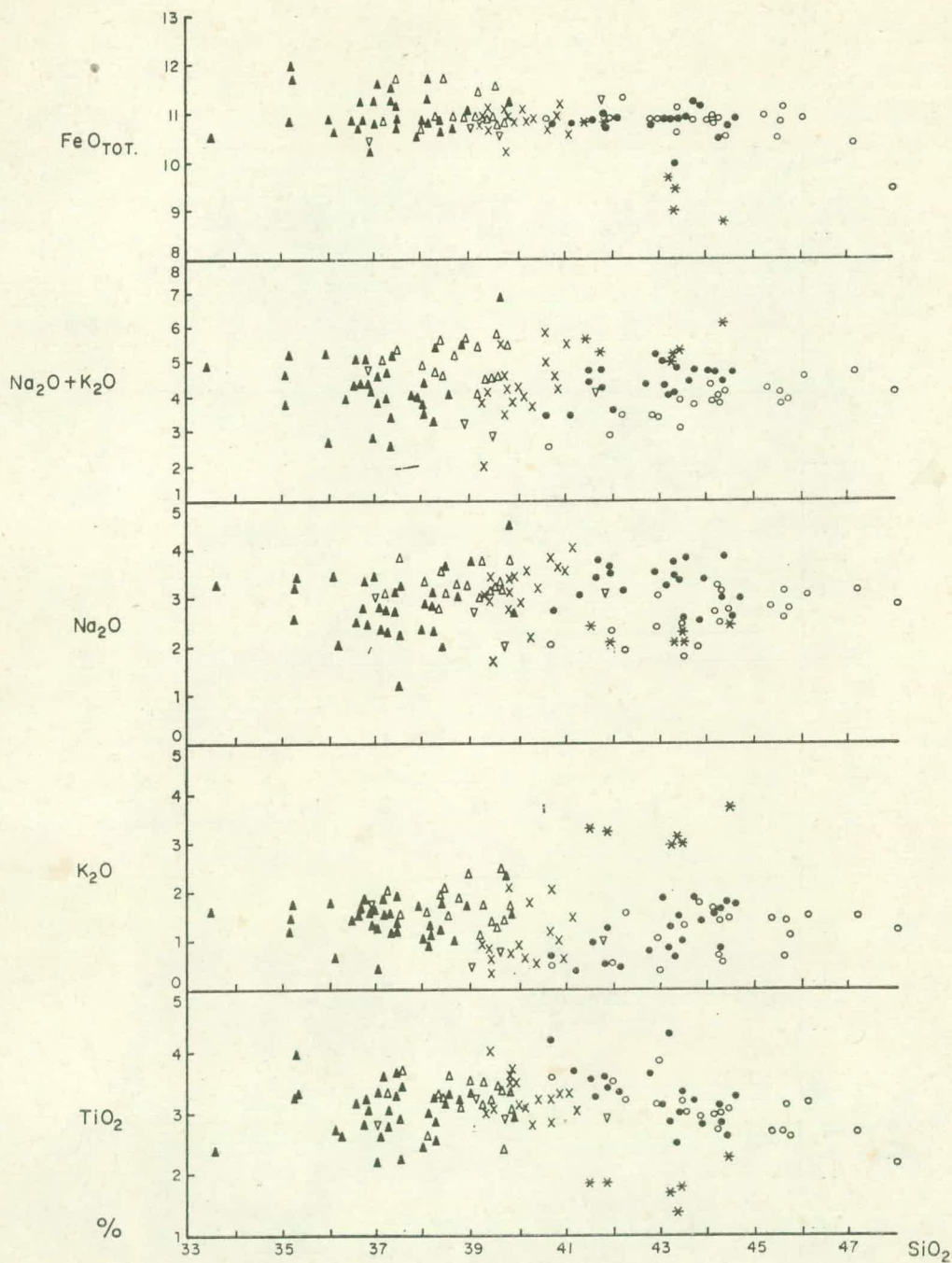


Fig. 5 (continuación).

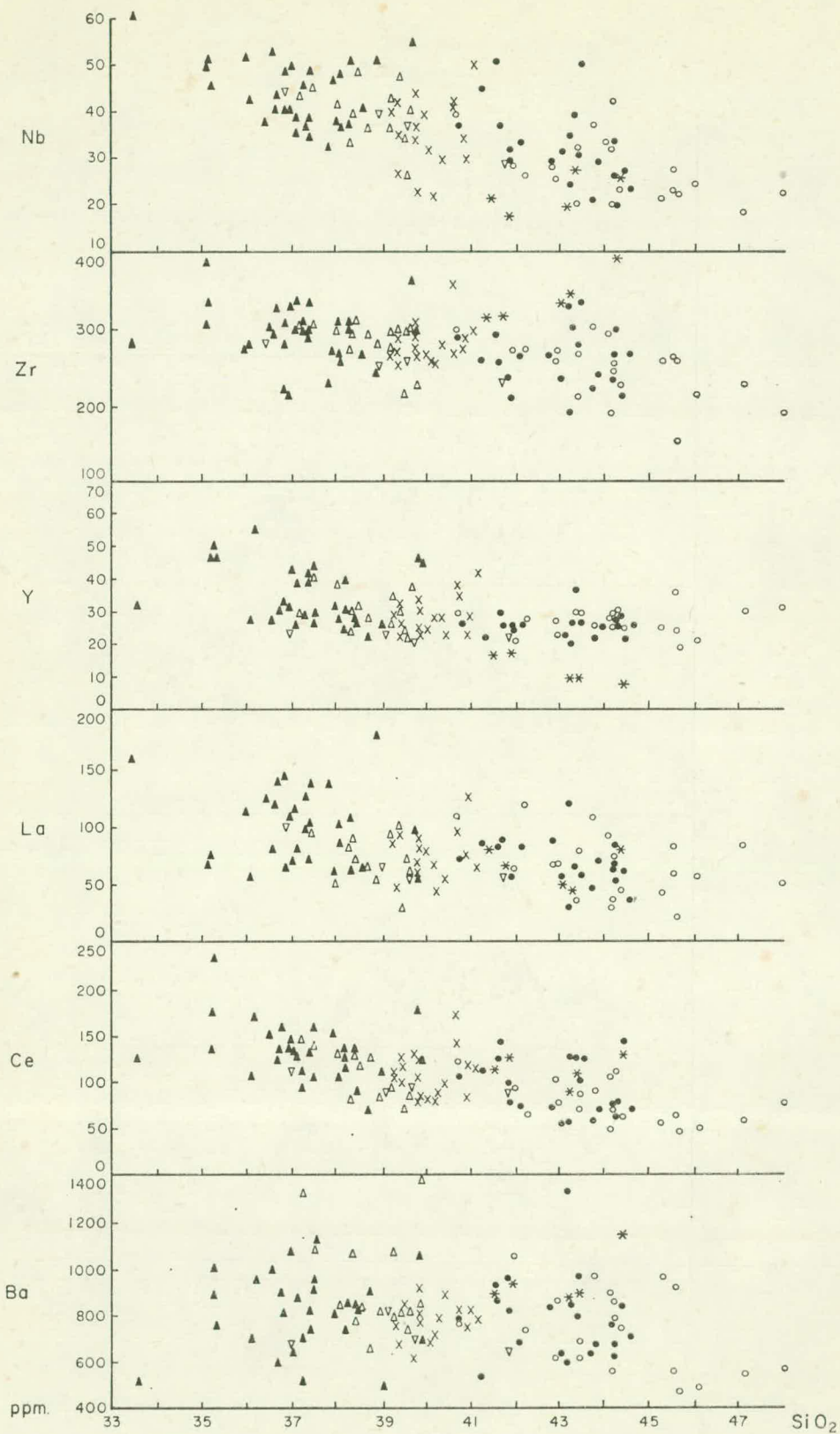


Fig. 6.—Diagramas SiO<sub>2</sub>-óxidos para los elementos menores.

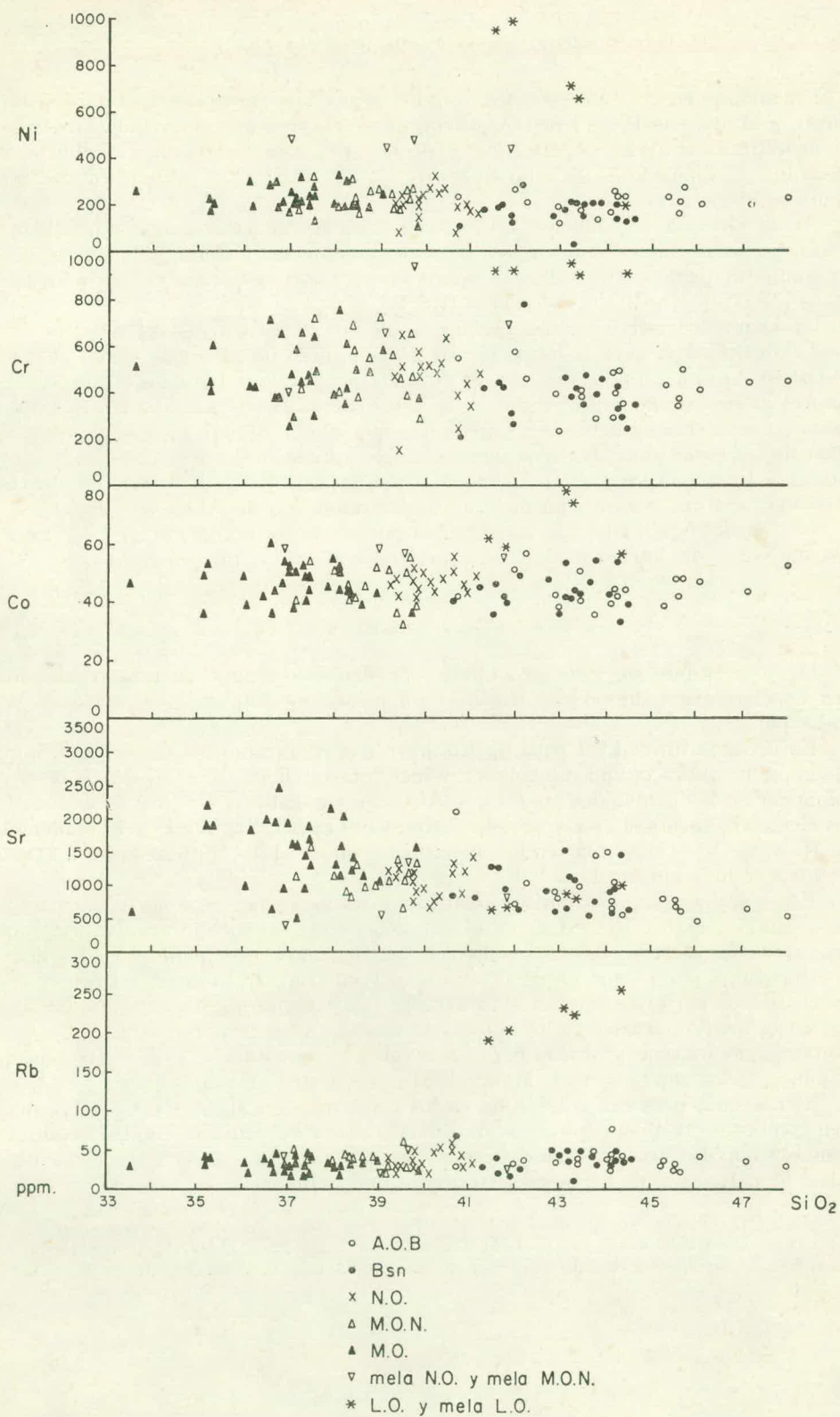


Fig. 6 (continuación).

Fijándonos en el contenido medio de los principales minerales normativos (tabla 4), y al margen de las leucititas olivínicas, se observa que el olivino es máximo en melilititas olivínicas ( $\bar{x}$ : 16,7 %) y disminuye hacia los basaltos olivínicos y basanitas. El diópsido es máximo en las rocas "intermedias" y mínimo en basaltos y en melilititas olivínicas.

Albita y ortosa, lógicamente, disminuyen desde basaltos a basanitas y nefelinitas olivínicas, hasta faltar totalmente en melilititas olivínicas. Nefelina y leucita siguen un comportamiento diametralmente opuestos. La anortita disminuye desde los basaltos (17,6 %) a melilititas olivínicas (9,8 %).

La larnita caracteriza a las melilititas olivínicas normativas, su aparición es condición necesaria para la formación de melilita, pero no suficiente, como indican VELDE y YODER (1976). Por el contrario, la acmita, que para los mencionados autores es una de las posibles claves en la formación de las melilititas y que aparecen en un cierto número de las melilititas que ellos estudian, no aparece en ninguna de las rocas analizadas por nosotros; sólo en una de las rocas analizadas por BURRI y PARGA PONDAL (1935) aparece dicho mineral, pero ello puede ser debido a posibles errores, ya mencionados, en la determinación de  $Al_2O_3$  por defecto.

Las leucititas olivínicas se caracterizan por su mayor contenido en Le y Le + Or, así como olivino normativo, en especial los términos melanocráticos.

#### CONCLUSIONES.

Desde el punto de vista geoquímico, pueden distinguirse en esta región dos grupos claramente diferentes: leucititas olivínicas por un lado y el resto de las rocas por otro.

Entre estas últimas, el paso de basalto olivínico-alcálico a basanita, nefelinita olivínica, melilitita olivínico-nefelínica y melilitita olivínica va acompañado de disminución de los contenidos en  $SiO_2$  y  $Al_2O_3$ , y aumento de Ca, Mg, Mn, P y de los elementos menores "incompatibles" (Ba, Ce, La, Nb, Sr, Y y Zr). El contenido en Rb y  $FeO_{total}$  es similar en los diferentes grupos. El  $TiO_2$  presenta un máximo en los términos intermedios.

Estas variaciones sólo pueden justificarse mediante procesos de fusión parcial del manto en grado decreciente en el sentido basaltos  $\rightarrow$  melilititas olivínicas, que produciría un incremento en el contenido de elementos incompatibles en los líquidos formados por menor grado de fusión parcial. La variación en los contenidos en elementos mayores reflejaría la diferente participación de las fases mineralógicas en el fundido: mayor de ortopiroxeno y granate (en términos relativos) y menor de clinopiroxeno y olivino para los basaltos, y lo contrario para las melilititas olivínicas (ANCOCHEA y DEL MORO, 1981; ANCOCHEA, 1982).

Variaciones menores, sobre todo en los contenidos en MgO, Cr, Co y Ni, pueden explicarse mediante procesos de diferenciación de pequeña entidad, tanto de acumulación de fases ferromagnesianas (términos más ricos en estos elementos) como de extracción de los mismos (términos más pobres).

AGRADECIMIENTOS.—Agradecemos a J. M. FÚSTER su colaboración en el muestreo del área y en la revisión del manuscrito; a J. L. BRÄNDLE su ayuda en la obtención y tratamiento de los datos. La delineación ha sido efectuada por J. M. ANGULO y la mecanografía por E. ALEGRE.

(Recibido el 13 de abril de 1983.)

(Aceptado el 18 de abril de 1983.)

TABLA 1.—ANÁLISIS PUBLICADOS Y NORMA CIPW.

Num.	BP-1 <sup>1</sup>	BP-2 <sup>1</sup>	BP-3 <sup>1</sup>	BP-4 <sup>1</sup>	BP-5 <sup>1</sup>	BP-6 <sup>1</sup>	BP-7 <sup>1</sup>	BP-8 <sup>1</sup>	P-1 <sup>2</sup>	M-1 <sup>3</sup>	M-2 <sup>3</sup>	M-3 <sup>3</sup>
SiO <sub>2</sub> ... ..	46,16	37,17	37,15	39,69	41,74	40,03	40,86	42,90	39,13	38,24	39,55	40,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	11,19	10,13	8,26	10,74	11,88	9,61	11,08	7,34	8,68	10,90	9,74	13,69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	5,36	2,89	7,10	5,67	4,40	2,90	4,20	5,15	8,21	5,50	4,69	5,19
FeO ... ..	5,56	6,90	4,30	5,21	5,87	7,60	6,44	5,46	6,16	9,54	7,89	8,75
MgO ... ..	11,17	12,94	13,81	12,90	10,19	12,65	11,01	20,53	12,60	9,70	12,00	13,01
CaO ... ..	9,31	17,27	13,77	12,65	12,19	13,18	12,39	9,75	14,88	14,05	14,59	5,53
Na <sub>2</sub> O ... ..	2,67	3,08	3,39	4,20	4,09	2,53	3,88	2,26	3,17	2,47	2,90	3,44
K <sub>2</sub> O ... ..	2,33	1,43	2,06	2,38	1,65	1,08	1,73	3,43	1,90	0,55	1,08	0,70
MnO ... ..	0,16	0,17	0,19	0,17	0,19	0,19	0,13	0,14	0,13	0,22	0,18	0,20
TiO <sub>2</sub> ... ..	4,43	4,75	5,49	4,96	5,58	5,79	5,79	1,88	3,58	4,39	3,20	3,80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0,69	0,85	1,25	0,60	0,56	0,95	0,95	0,31	0,73	0,72	0,70	0,85
CO <sub>2</sub> ... ..	0,23	—	1,38	—	—	—	—	—	—	0,20	0,18	0,30
H <sub>2</sub> O ... ..	1,04	2,71	2,13	1,10	2,01	3,78	3,12	0,99	1,15	2,62	2,41	2,63
Total ... ..	100,21	100,29	100,28	100,27	100,35	100,29	101,58	100,14	100,32	99,10	99,11	98,81
Or ... ..	13,77	—	—	—	9,75	6,38	9,17	—	—	3,25	—	4,14
Ab ... ..	30,62	—	—	—	1,09	1,29	—	—	—	0,50	—	25,57
An ... ..	11,67	9,59	1,24	3,42	9,18	11,68	7,71	—	3,84	17,03	10,37	19,85
Lc ... ..	—	6,63	9,55	11,03	—	—	0,82	15,89	8,80	—	5,00	—
Ne ... ..	1,07	14,12	15,54	19,25	18,16	10,90	17,79	10,11	14,53	11,05	13,29	1,92
Ac ... ..	—	—	—	—	—	—	—	0,41	—	—	—	—
Di ... ..	22,24	20,07	33,38	30,27	37,08	37,27	37,02	31,42	36,20	37,22	38,10	0,12
Ol ... ..	12,27	18,07	13,26	12,68	5,74	11,59	7,19	27,84	10,23	8,99	12,48	27,20
Ln ... ..	—	13,93	1,73	5,12	—	—	—	1,93	5,79	—	2,55	—
He ... ..	1,32	—	7,10	3,62	2,08	—	1,17	—	1,38	—	—	—
Mt ... ..	5,86	4,19	—	2,97	3,37	4,20	4,40	7,26	9,90	7,97	6,80	7,53
Il ... ..	8,24	9,02	9,49	9,42	10,60	11,00	11,00	3,57	6,80	8,34	6,08	7,22
Pf ... ..	—	—	0,84	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ap ... ..	1,60	1,97	2,90	1,39	1,30	2,20	2,20	0,72	1,69	1,67	1,62	1,97
Cc ... ..	0,52	—	3,14	—	—	—	—	—	—	0,45	0,41	0,68
MG ... ..	68,50	73,40	72,30	71,70	67,70	71,50	68,50	80,40	65,30	57,50	66,70	66,20

<sup>1</sup> En: BURRI y PARGA PONDAL (1933).<sup>2</sup> En: PARGA PONDAL (1935).<sup>3</sup> En: LA ROSA *et al.* (1929).

BP-1.—Basalto olivínico-labrador. (A. O. B.) C.º Segura. An.: PARGA PONDAL.

BP-2.—Ankaratrita con melilita. (M. O.) El Arzollar. An.: PARGA-PONDAL.

BP-3.—Ankaratrita con melilita. (M. O.) La Vaqueriza. An.: PARGA-PONDAL.

BP-4.—Ankaratrita porfídica. (M. O. N.) El Naranjo. An.: PARGA-PONDAL.

BP-5.—Ankaratrita porfídica. (N. O.) Cerrajón de la Puebla. An.: PARGA-PONDAL.

BP-6.—Ankaratrita. (N. O.) Piedrabuena. An.: PARGA-PONDAL.

BP-7.—Ankaratrita. (N. O. M.) Negrizal de El Retamar. An.: PARGA-PONDAL.

BP-8.—Leucitita olivínica melanocrática. (m. L. O.) Morrón de Villamayor. An.: PARGA-PONDAL.

P-1.—Ankaratrita. (M. O. N.) Cerro de los Castillejos. An.: PARGA-PONDAL.

M-1.—Basalto ultrabásico. (N. O.) La Balona. An.: MENÉNDEZ-PUGET.

M-2.—Basalto ultrabásico. (M. O. N.) Cañada de Mestanza. An.: MENÉNDEZ-PUGET.

M-3.—Basalto ultrabásico. (A. O. B.) Castillejo del Río. An.: MENÉNDEZ-PUGET.

TABLA 2.—ELEMENTOS MAYORES, MENORES, CARACTERÍSTICAS NORMATIVAS CIPW Y RELACIÓN DE ANÁLISIS.

Num.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO <sub>2</sub> .....	40,89	39,25	39,81	40,74	38,95	37,21	42,15	39,53	43,24	44,23	36,20	36,96	40,28	44,21	39,85	37,40	43,52	44,13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	11,00	11,98	11,59	12,37	10,58	10,71	10,79	11,75	12,00	11,90	10,34	10,95	10,85	11,64	11,72	10,32	11,64	12,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	7,93	6,57	4,04	7,54	4,45	5,49	6,47	8,04	5,90	5,88	6,09	2,67	5,28	5,11	4,87	5,46	7,83	6,86
FeO .....	3,80	5,51	7,17	4,04	6,88	5,90	5,08	3,64	5,56	5,49	5,15	7,84	6,13	6,29	5,84	6,64	3,84	4,68
MgO .....	11,53	10,76	11,39	9,72	13,67	13,99	12,84	13,16	11,98	10,85	12,08	11,62	12,42	11,04	10,92	12,82	10,56	8,50
CaO .....	13,39	14,44	13,73	12,56	14,07	13,17	12,21	12,86	12,03	10,54	18,70	15,60	13,43	11,42	14,80	15,95	11,33	11,49
Na <sub>2</sub> O .....	3,61	3,75	3,78	2,75	3,27	3,10	3,16	3,25	3,47	3,21	2,05	3,44	2,22	3,17	2,76	2,76	3,88	2,69
K <sub>2</sub> O .....	0,93	1,70	1,67	0,60	2,33	1,97	0,38	1,28	0,80	0,74	0,58	1,52	1,75	1,48	0,72	1,13	0,93	1,67
MnO .....	0,17	0,22	0,15	0,18	0,20	0,23	0,15	0,17	0,17	0,18	0,23	0,21	0,16	0,19	0,18	0,22	0,21	0,19
TiO <sub>2</sub> .....	3,33	3,33	3,06	4,16	3,51	3,32	3,32	3,32	2,82	3,22	2,23	2,23	2,85	2,91	3,76	3,30	3,30	2,99
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	1,00	1,20	0,70	0,90	1,02	1,32	0,86	0,69	0,68	0,64	1,76	0,72	0,79	0,69	0,99	1,42	0,76	0,68
H <sub>2</sub> O .....	1,33	1,13	1,73	4,48	0,59	2,72	2,96	1,73	1,03	1,99	4,15	2,02	2,60	1,38	3,10	2,90	2,31	4,18
CO <sub>2</sub> .....	—	—	—	—	0,40	—	—	—	—	—	0,10	3,30	—	—	0,68	—	—	—
Total .....	98,91	100,02	98,82	100,04	99,92	99,14	100,37	99,52	99,68	98,87	100,10	99,08	98,76	99,53	100,19	100,32	100,11	100,09
Ba .....	754	795	843	771	819	1,328	677	737	590	868	960	1,082	797	751	777	832	963	898
Ce .....	86	105	106	109	85	147	76	72	62	69	173	141	92	79	107	136	128	106
Co .....	45	51	39	40	52	41	48	33	53	44	39	46	43	43	52	52	42	39
Cr .....	443	459	290	216	721	421	791	384	397	405	438	272	535	428	492	481	478	296
La .....	75	88	81	73	55	113	84	30	32	37	53	141	48	66	70	96	59	92
Nb .....	33	42	36	37	39	43	34	34	24	20	42	40	21	33	33	45	50	33
Ni .....	211	183	136	114	259	184	290	253	218	241	209	182	261	212	209	214	208	163
Rb .....	43	30	33	73	43	49	29	32	35	79	24	33	46	36	36	20	54	39
Sr .....	844	1,198	1,286	831	1,003	1,149	616	656	600	649	1,871	993	746	882	1,073	1,466	960	1,481
Y .....	23	34	25	27	26	29	27	24	21	25	55	32	28	28	34	39	29	28
Zr .....	271	297	227	292	280	302	269	217	194	242	277	219	254	242	290	297	338	293
Or .....	5,50	—	—	3,55	—	—	2,25	—	4,73	4,37	—	—	0,97	8,75	4,26	—	5,50	9,87
Ab .....	2,44	—	—	11,88	—	—	12,33	—	10,47	21,23	—	—	14,47	11,34	2,67	—	14,60	16,22
An .....	11,06	10,84	9,73	19,64	7,31	9,49	14,14	13,69	14,81	15,88	17,30	9,95	14,47	13,16	17,46	12,43	1,60	15,82
Lc .....	—	7,88	7,74	—	10,80	9,13	—	5,93	—	—	2,69	7,04	7,35	—	—	5,24	—	—
Ne .....	15,23	17,19	17,33	6,17	14,99	14,21	7,81	14,90	10,23	3,22	9,40	15,77	10,18	8,39	11,20	12,65	9,88	3,55
Di .....	38,02	33,17	31,39	28,65	24,62	22,65	31,78	33,53	31,59	25,11	26,43	25,55	36,89	30,67	35,29	27,01	30,87	28,60
Ol .....	7,77	8,00	13,19	7,66	18,34	17,91	12,08	12,07	11,30	10,91	12,77	18,36	11,36	11,26	8,11	15,44	8,40	5,54
Ln .....	—	3,21	4,39	—	6,81	5,65	—	0,78	—	—	9,12	3,08	—	—	—	7,13	—	—
He .....	5,82	0,91	—	6,50	—	—	1,60	6,46	—	—	—	—	—	—	—	—	5,49	2,05
Mt .....	3,05	8,20	5,86	1,50	6,45	7,96	7,06	2,29	8,55	8,53	3,87	3,87	7,66	7,41	7,06	7,92	3,39	6,97
Il .....	6,32	6,67	5,81	7,90	6,67	6,32	6,31	6,50	5,36	6,12	5,07	4,24	5,41	5,53	7,14	6,27	6,27	5,68
Ap .....	2,32	2,78	—	2,09	2,36	3,06	1,99	1,60	1,58	1,48	4,08	1,67	1,83	1,60	2,29	3,29	1,76	1,58
Cc .....	—	—	—	—	0,91	—	—	—	—	—	0,23	7,50	—	—	1,55	—	—	—
MG .....	68,07	65,58	68,07	64,49	71,75	72,30	70,43	70,99	69,03	67,05	69,68	69,65	69,77	67,22	68,36	69,17	66,24	61,30
Método .....	FRX	V. H.	FRX	FRX	V. H.	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	V. H.	FRX	FRX	FRX	V. H.	V. H.	FRX	FRX

TABLA 2 (continuación).

Num.	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO <sub>2</sub>	40,42	40,97	39,46	41,83	42,92	38,35	44,45	39,40	37,95	43,45	44,24	41,99	39,21	43,47	43,35	41,28	36,81	38,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,23	11,61	10,81	10,50	11,49	10,74	12,48	10,98	11,55	11,81	12,36	11,27	11,74	11,67	12,18	10,85	10,56	10,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,98	5,38	7,71	3,57	4,22	5,22	5,98	7,35	5,07	4,64	7,08	6,06	5,43	6,46	5,55	7,49	5,30	6,32
FeO	6,40	6,35	3,79	8,03	7,07	6,20	5,37	4,24	6,01	6,72	4,52	5,41	6,00	5,28	4,98	4,07	6,13	5,12
MgO	12,57	10,67	13,02	13,53	11,11	14,07	10,40	12,47	13,04	10,26	8,98	12,04	12,34	9,85	9,21	11,45	12,29	14,72
CaO	13,07	13,78	14,75	12,16	12,11	13,80	11,46	13,94	15,71	12,03	11,99	12,61	14,13	12,45	12,75	13,33	15,56	15,06
Na <sub>2</sub> O	3,20	3,56	1,75	3,13	2,41	2,79	2,64	3,12	2,36	2,60	3,16	2,32	2,98	1,80	3,38	3,07	2,50	2,33
K <sub>2</sub> O	0,48	0,61	0,29	0,94	1,07	1,94	1,71	1,38	1,63	1,45	0,68	0,54	1,11	1,31	0,62	0,32	1,78	1,09
MnO	0,17	0,19	0,17	0,21	0,17	0,18	0,19	0,23	0,23	0,19	0,18	0,19	0,20	0,19	0,16	0,19	0,24	0,18
TiO <sub>2</sub>	3,28	3,36	4,02	2,96	3,16	3,29	2,56	3,19	2,49	2,97	3,06	3,51	3,11	3,03	2,47	3,67	3,10	2,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,00	0,89	0,87	0,69	0,85	1,03	0,69	1,10	0,72	0,72	0,70	0,89	1,08	0,72	0,82	0,94	1,68	1,33
H <sub>2</sub> O	3,58	1,78	3,84	1,46	2,88	1,22	2,07	1,57	2,29	2,17	3,51	3,09	1,82	2,62	4,71	3,54	2,93	2,42
TOTAL	100,38	99,15	100,48	99,01	99,46	98,83	100,01	98,97	99,02	99,01	100,46	99,92	99,15	98,85	100,18	100,19	98,88	99,86
Ba	899	831	844	654	629	1.067	831	823	825	794	785	1.051	1.075	684	847	529	826	864
Ce	101	121	101	90	104	83	147	129	155	107	112	95	94	88	130	116	162	118
Co	48	44	43	55	42	46	33	37	45	44	42	51	46	41	41	45	44	44
Cr	635	352	652	704	390	688	256	463	403	369	490	575	563	380	428	430	663	618
La	58	126	93	54	68	83	62	100	135	81	74	62	91	79	66	86	137	83
Nb	29	29	26	28	28	33	27	47	32	31	42	28	36	32	39	45	43	36
Ni	275	187	212	451	192	300	136	184	209	171	232	265	241	180	213	193	221	311
Rb	50	28	22	28	35	45	41	35	36	41	45	32	25	38	14	32	46	33
Sr	836	1.219	1.246	879	941	909	1.440	1.350	2.213	1.050	1.059	760	1.106	1.049	1.109	790	2.481	2.060
Y	23	29	23	23	27	24	22	30	32	27	30	21	26	29	37	23	33	31
Zr	277	286	284	232	260	275	215	300	227	279	255	273	274	268	304	262	325	256
Or	284	3,60	1,71	5,56	6,32	—	10,11	—	—	8,57	4,02	3,19	—	7,74	3,66	1,89	—	—
Ab	4,22	3,37	2,45	2,32	11,52	—	13,05	—	—	10,33	19,89	13,15	—	15,21	14,98	9,84	—	—
An	14,86	13,90	20,79	11,83	17,37	11,05	17,15	11,88	16,11	16,27	17,53	18,74	15,38	19,90	16,23	14,88	12,34	14,89
Lc	—	—	—	—	—	8,99	—	6,39	7,55	—	—	—	5,14	—	—	—	8,25	5,05
Ne	12,38	14,49	6,69	13,09	4,81	12,79	5,03	14,30	10,82	6,32	3,71	3,51	13,66	0,01	7,38	8,74	11,46	10,68
Di	34,10	38,17	36,36	34,95	29,39	24,68	27,52	35,95	20,59	30,59	29,10	29,59	33,38	28,94	32,55	35,12	24,00	28,66
Oi	12,57	7,55	10,91	17,35	13,03	17,90	9,92	10,08	18,29	10,68	6,22	11,40	11,87	7,79	5,98	8,57	15,17	16,48
Ln	—	—	—	—	—	5,93	—	1,21	9,57	—	—	—	1,56	—	—	—	7,21	4,44
He	—	—	7,04	—	—	—	—	3,86	—	—	2,82	0,71	—	0,41	—	5,42	—	—
Mt	7,22	7,80	0,97	5,18	6,12	7,57	8,67	5,07	7,35	6,73	6,18	7,75	7,87	8,77	8,05	3,01	7,68	9,16
Il	6,23	6,38	7,63	5,62	6,00	6,25	4,86	6,06	4,73	5,64	5,81	6,67	5,91	5,75	4,69	6,97	5,89	4,94
Ap	2,32	2,06	2,02	1,60	1,97	2,39	1,60	2,55	1,67	1,67	1,62	2,06	2,50	1,67	1,90	2,18	3,89	3,08
MG	70,03	65,85	71,05	70,88	67,40	72,31	66,17	69,91	71,38	65,57	62,51	69,15	69,63	64,23	65,12	68,17	69,52	73,37
Método	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	V. H.	FRX	FRX	FRX

TABLA 2 (continuación).

Num.	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
SiO <sub>2</sub>	44,40	36,70	36,99	43,45	43,24	40,04	42,97	43,79	38,41	45,61	39,30	33,58	39,88	36,08	41,67	38,07	38,05	40,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,53	9,63	10,21	11,09	15,46	11,00	12,45	11,98	11,40	12,44	11,33	9,05	11,33	10,31	11,65	9,85	11,09	13,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,57	5,13	3,64	3,46	4,59	5,86	4,90	6,11	9,14	6,82	7,94	8,61	5,14	6,61	5,56	4,25	3,21	3,91
FeO	6,45	6,08	7,17	7,48	6,74	5,60	6,46	5,33	2,64	4,69	3,68	2,79	6,33	4,94	5,87	7,07	7,80	7,15
MgO	10,63	14,31	17,44	9,76	6,71	13,20	9,90	8,89	12,81	9,95	12,34	12,31	11,37	13,59	11,53	14,97	12,64	10,84
CaO	10,40	15,70	12,27	11,97	10,13	12,78	12,18	11,88	15,00	11,11	13,67	16,46	13,30	15,15	12,22	14,06	13,96	12,40
Na <sub>2</sub> O	2,73	2,76	3,09	2,46	3,78	2,93	3,04	2,01	2,03	3,14	3,07	3,26	3,45	3,47	3,79	2,87	3,32	3,84
K <sub>2</sub> O	1,41	1,48	1,61	1,51	1,20	0,85	0,41	1,75	1,20	0,68	0,93	1,57	0,72	1,71	0,89	1,00	1,60	2,00
MnO	0,18	0,16	0,22	0,18	0,20	0,20	0,16	0,19	0,18	0,18	0,20	0,22	0,18	0,21	0,18	0,20	0,15	0,06
TiO <sub>2</sub>	3,07	2,81	2,87	3,20	4,27	3,19	3,86	2,95	3,22	3,14	3,06	2,42	3,53	2,74	3,22	3,03	2,63	2,87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,66	0,99	1,03	0,78	0,75	0,92	0,84	0,68	1,16	0,63	1,08	1,70	0,84	1,35	0,87	1,10	1,41	1,20
CO <sub>2</sub>	—	1,84	0,39	2,42	—	—	—	—	—	—	—	3,49	—	1,01	—	—	0,70	0,10
H <sub>2</sub> O	3,78	2,26	1,97	2,14	3,03	3,24	3,22	3,40	3,23	2,02	2,23	3,43	2,79	2,28	1,51	3,90	2,96	1,84
TOTAL	99,81	99,85	98,90	99,90	100,10	99,81	100,39	98,96	100,41	100,41	98,84	98,89	98,86	99,45	98,96	100,37	99,47	99,96
Ba	751	615	684	621	1.331	697	867	969	851	930	761	532	1.643	709	855	846	844	832
Ce	63	127	116	72	130	85	78	91	138	63	113	128	88	109	146	108	131	147
Co	44	60	58	51	41	50	38	36	43	42	45	46	45	48	46	54	51	55
Cr	363	388	413	411	23	518	248	294	506	373	494	525	520	437	426	764	399	254
La	45	79	99	37	121	82	68	108	105	60	87	155	82	111	89	58	51	96
Nb	23	52	44	20	35	39	25	37	37	27	39	60	22	51	37	46	41	40
Ni	233	309	496	167	37	274	120	136	212	216	224	265	242	311	210	337	192	96
Rb	41	35	42	35	53	35	33	50	37	25	40	32	28	36	26	33	35	57
Sr	578	682	470	1.041	1.499	956	841	1.443	1.294	701	1.215	633	888	1.017	1.224	1.335	1.153	1.197
Y	25	31	24	30	27	25	23	26	29	24	30	32	25	28	26	28	38	38
Zr	227	298	280	212	331	264	270	303	305	260	265	281	265	272	259	269	298	354
Or	8,33	—	—	8,92	7,09	5,02	2,42	10,34	—	4,02	2,41	—	4,26	—	5,26	—	—	1,49
Ab	17,63	—	—	20,82	19,26	2,18	17,15	14,96	—	24,08	—	—	1,08	—	6,40	—	—	—
An	15,04	9,52	9,23	14,76	21,67	14,35	19,12	18,50	18,45	17,84	14,39	5,42	13,30	7,51	12,15	11,04	10,63	12,47
Lc	—	6,86	7,46	—	—	—	5,56	—	5,56	—	2,42	7,28	—	7,92	—	4,63	7,41	8,10
Ne	2,96	12,65	14,16	—	6,89	12,25	4,65	1,11	0,31	1,35	14,07	14,94	15,23	15,91	13,91	13,16	15,22	17,60
Di	25,42	24,58	14,56	19,30	18,65	33,56	28,09	28,05	31,34	25,82	36,11	25,46	36,99	21,29	33,46	26,89	25,50	32,19
O1	12,62	18,82	30,04	13,74	6,97	12,47	9,33	6,53	12,17	8,98	9,81	13,21	9,06	16,77	10,04	20,82	19,23	—
Ln	—	5,86	7,43	—	—	—	—	—	2,39	—	—	3,21	—	7,73	—	5,39	4,01	12,11
Hy	—	—	—	1,77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
He	—	—	—	—	—	—	—	—	9,14	2,32	5,50	6,83	—	0,70	—	—	—	—
Mt	6,63	7,44	5,28	5,02	6,66	8,50	7,10	8,86	—	6,52	3,53	2,58	7,45	8,57	8,06	6,16	4,65	5,67
Il	5,83	5,34	5,45	6,08	8,11	6,06	7,33	5,60	5,89	5,96	5,81	4,60	6,70	5,20	6,12	5,75	5,00	5,45
Pf	—	—	—	—	—	—	—	—	0,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ap	1,53	2,29	2,39	1,81	1,74	2,13	1,95	1,58	2,69	1,46	2,50	3,94	1,95	3,13	2,02	2,55	3,27	2,78
Cc	—	4,18	0,89	5,50	—	—	—	—	—	—	—	7,93	—	2,30	—	—	1,59	0,23
MG	67,05	73,01	77,15	65,57	55,52	71,06	64,81	62,41	70,45	65,02	69,75	70,26	67,73	71,62	68,20	73,54	70,52	67,27
Método	FRX	V. H.	FRX	V. H.	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX	V. H.	FRX	V. H.

TABLA 2 (continuación).

Num.	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
SiO <sub>2</sub>	42,84	38,50	38,20	43,35	44,40	43,20	43,40	41,88	41,50	39,40	39,46	38,40	45,60	43,77	47,15	36,54	44,28	44,30	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,72	10,96	9,94	8,28	10,93	8,07	8,46	9,15	9,11	12,23	10,85	11,00	13,00	12,27	12,56	10,50	12,38	12,91	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,67	5,64	6,44	2,41	5,36	4,24	5,44	8,05	5,07	3,52	5,93	4,43	4,55	5,14	2,56	5,55	4,72	4,29	
FeO	4,84	6,61	5,94	6,83	3,98	5,85	4,57	3,61	6,26	7,77	5,79	6,90	6,38	6,61	8,07	5,90	6,65	6,65	
MgO	10,08	12,22	12,72	19,45	11,79	20,56	19,35	18,47	18,37	10,32	12,56	13,04	8,40	10,77	10,28	14,71	8,95	10,28	
CaO	12,88	14,15	14,85	11,41	12,33	9,81	10,09	9,80	9,34	13,68	13,52	13,70	11,92	10,92	10,57	14,58	11,18	11,55	
Na <sub>2</sub> O	3,54	3,11	2,86	2,08	2,42	2,05	2,26	2,07	2,38	3,00	3,47	3,52	2,60	2,57	3,18	2,53	3,05	3,85	
K <sub>2</sub> O	0,75	1,49	0,88	3,12	3,73	2,96	3,01	3,23	3,27	0,84	0,63	2,03	1,40	1,80	1,50	1,37	1,60	0,80	
MnO	0,18	0,20	0,23	0,14	0,16	0,17	0,16	0,15	0,14	0,20	0,19	0,19	0,17	0,16	0,03	0,21	0,17	0,15	
TiO <sub>2</sub>	3,61	3,59	3,28	1,83	2,27	1,72	1,80	1,84	1,85	4,04	3,12	3,25	2,69	3,15	2,70	3,19	3,13	2,79	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,85	1,18	1,33	0,83	1,14	0,86	0,92	0,79	0,83	1,09	1,09	1,24	0,82	0,59	0,62	1,56	0,77	0,92	
CO <sub>2</sub>	—	—	0,10	0,26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
H <sub>2</sub> O	1,09	2,13	3,28	0,72	1,52	0,36	0,56	1,19	1,08	3,98	2,12	1,25	2,51	1,46	0,74	2,17	2,85	1,48	
TOTAL	99,05	99,78	100,05	99,81	100,03	99,85	99,86	100,23	99,20	100,07	98,73	98,95	100,04	99,21	99,96	98,81	100,33	99,98	
Ba	832	837	756	—	1,154	883	899	955	910	686	857	782	557	632	549	1,006	616	670	
Ce	76	118	137	—	133	94	113	129	117	129	119	130	62	62	60	154	81	67	
Co	47	42	50	—	56	79	74	59	62	48	48	42	48	46	44	42	41	54	
Cr	406	382	427	—	924	963	912	933	943	165	523	579	347	399	451	722	335	309	
La	89	72	83	—	80	49	44	64	79	50	94	87	82	48	84	122	53	85	
Nb	29	48	37	—	26	19	27	17	21	41	34	39	23	21	18	37	20	26	
Ni	165	164	193	—	213	718	662	989	954	92	243	215	147	215	198	294	149	145	
Rb	53	39	22	—	257	235	227	205	195	30	31	42	31	48	35	41	40	50	
Sr	894	1,276	1,633	—	1,057	908	874	698	676	1,179	1,104	859	773	554	657	2,042	599	912	
Y	27	31	40	—	8	10	10	17	17	32	26	30	35	23	30	28	26	28	
Zr	268	311	308	—	396	331	343	315	315	268	252	294	261	225	228	279	269	302	
Or	4,43	—	—	—	14,42	4,15	8,96	5,08	0,40	4,72	3,72	—	8,27	10,64	8,86	—	9,46	4,73	
Ab	11,29	—	—	—	—	4,08	4,05	6,14	—	—	0,02	—	18,58	11,10	18,18	—	14,79	14,83	
An	13,87	11,55	11,69	4,04	7,95	4,08	6,92	10,98	4,52	17,42	12,17	8,22	19,67	16,63	15,57	13,25	15,36	15,54	
Lc	—	6,90	4,08	14,46	5,98	10,47	10,36	9,49	14,84	0,19	15,90	16,14	1,86	5,77	4,73	6,35	5,97	9,66	
Ne	10,11	14,26	13,11	9,53	11,09	9,40	10,36	10,91	13,75	13,75	15,90	16,14	1,86	5,77	4,73	11,60	5,97	9,66	
Di	34,62	31,29	36,29	30,28	35,64	30,63	31,22	29,06	28,62	34,37	37,31	24,21	27,03	26,52	26,28	21,21	27,72	28,30	
Ol	6,34	12,47	10,78	30,35	9,00	29,29	24,43	22,79	25,96	10,31	10,39	17,72	8,49	12,25	15,27	19,71	8,97	11,76	
Ln	—	3,41	1,90	2,25	—	—	—	—	—	—	—	6,48	—	—	—	6,73	—	—	
He	2,78	—	—	—	0,83	—	—	3,51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mt	5,63	8,18	9,34	3,49	6,56	6,15	7,88	6,58	7,35	5,10	8,60	6,42	6,60	7,45	3,71	8,05	6,84	6,22	
Il	6,86	6,82	6,23	2,62	4,31	3,27	3,42	3,49	3,51	7,67	5,93	6,17	5,11	5,98	5,13	6,06	5,94	5,30	
Ap	1,97	2,73	3,08	1,92	2,64	1,99	2,13	1,83	1,92	2,53	2,53	2,87	—	1,37	1,44	3,61	1,78	2,13	
Cc	—	—	0,23	0,59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
MG	65,28	67,90	68,67	81,38	73,03	81,14	80,52	77,48	77,44	65,62	69,54	70,78	61,86	65,97	66,71	73,20	62,42	66,42	
Método	FRX	V. H.	V. H.	V. H.	V. H.	V. H.	V. H.	FRX	FRX	V. H.	FRX	FRX	V. H.	FRX	V. H.	FRX	FRX	FRX	V. H.



Num.	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
SiO <sub>2</sub>	48,05	44,20	42,25	44,63	37,00	35,25	39,00	39,86	40,73	38,72	35,30	41,15	43,90	45,32	41,91
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,95	12,23	11,85	12,71	9,81	9,62	10,32	10,92	11,09	10,08	9,94	11,59	11,98	12,72	12,28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,91	3,89	4,59	3,24	4,72	5,45	5,28	5,37	5,94	5,09	5,53	4,41	3,91	4,03	5,69
FeO	6,78	7,42	7,16	7,97	7,03	5,97	6,30	6,06	5,55	6,31	6,75	6,63	7,67	7,27	5,64
MgO	9,07	12,25	11,69	9,91	14,11	13,91	13,40	12,15	12,90	13,78	14,13	10,93	11,81	9,89	10,25
CaO	11,13	10,72	11,49	10,78	16,27	17,88	13,34	14,14	13,11	14,13	16,25	13,12	11,04	10,67	12,41
Na <sub>2</sub> O	2,85	2,47	1,90	3,00	3,07	3,22	3,74	3,18	2,02	3,27	3,43	4,05	3,43	2,81	3,65
K <sub>2</sub> O	1,22	1,47	1,59	1,68	1,25	1,35	1,68	1,40	0,54	1,87	1,68	1,41	1,30	1,43	0,51
MnO	0,08	0,14	0,15	0,17	0,21	0,22	0,23	0,19	0,18	0,20	0,21	0,20	0,15	0,16	0,21
TiO <sub>2</sub>	2,19	2,73	3,21	3,22	3,36	3,28	3,62	3,62	3,61	3,10	3,33	3,06	2,80	2,70	3,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,60	0,60	0,86	0,80	1,49	1,66	1,25	1,77	0,98	1,02	1,62	0,84	0,65	0,64	0,69
CO <sub>2</sub>	0,35	0,44	—	—	—	0,10	—	—	—	—	0,22	—	0,44	—	—
H <sub>2</sub> O	1,73	1,50	2,87	0,95	1,97	2,14	2,22	2,07	3,63	1,32	1,39	2,65	0,98	1,30	3,12
TOTAL	99,91	100,06	99,61	99,05	100,29	100,11	100,08	100,13	100,29	98,89	99,78	100,04	100,10	98,94	99,90
Ba	571	563	742	697	657	896	500	927	775	661	768	791	669	965	956
Ce	78	50	66	73	148	138	114	127	122	127	237	118	73	58	101
Co	53	55	57	39	53	49	43	42	42	46	52	49	54	39	40
Cr	448	488	464	358	482	455	585	479	547	544	610	486	462	440	276
La	50	30	119	38	62	64	177	92	108	65	71	67	72	42	60
Nb	22	32	26	24	48	49	50	43	39	36	45	49	29	21	29
Ni	226	260	213	151	259	229	251	164	226	253	207	176	220	220	133
Rb	28	27	37	42	27	34	40	41	27	43	40	33	35	34	23
Sr	550	764	1,044	633	1,972	1,935	1,076	1,165	2,095	987	1,910	1,406	789	835	918
Y	31	29	28	26	43	47	26	30	29	28	47	42	26	25	25
Zr	191	190	273	271	305	304	241	305	298	293	333	296	245	259	214
Or	7,21	8,69	9,40	9,93	—	—	—	2,80	3,19	—	—	1,66	7,68	8,45	3,01
Ab	24,12	13,65	8,87	13,13	9,30	7,81	6,41	11,39	8,73	7,30	—	9,28	11,05	17,38	10,95
An	18,94	17,94	19,11	16,25	5,79	6,26	7,79	4,29	19,60	8,67	6,76	9,28	13,45	17,87	15,62
Le	—	3,93	3,90	6,64	14,07	14,76	17,14	14,58	4,53	14,99	15,72	18,57	9,73	3,47	10,80
Ne	24,08	22,65	25,50	25,55	21,07	14,43	31,36	36,88	30,39	27,31	13,09	39,72	27,25	24,58	32,29
Di	2,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hy	11,11	18,44	15,17	13,90	20,55	20,62	14,66	9,91	12,64	17,01	22,38	8,73	16,36	13,40	7,51
Ol	—	—	—	—	10,81	15,78	3,59	—	—	6,60	13,99	—	—	—	—
Ln	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
He	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mt	4,22	5,64	6,66	4,70	6,84	7,90	7,66	7,79	0,50	7,38	8,02	6,39	5,67	5,84	8,25
Il	4,16	5,18	6,10	6,12	6,38	6,23	6,31	6,88	6,86	5,89	6,32	5,81	5,32	5,13	6,72
Ap	1,39	1,39	1,99	1,85	3,45	3,85	2,90	4,10	2,27	2,36	3,75	1,95	1,51	1,48	1,60
Cc	0,80	1,00	—	—	—	0,23	—	—	—	—	0,50	—	1,00	—	—
MG	66,12	69,41	67,68	64,80	71,67	72,12	71,03	69,29	70,54	71,90	70,90	67,59	68,10	64,73	65,83
Método	V. H.	V. H.	V. H.	FRX	V. H.	V. H.	V. H.	FRX	FRX	FRX	V. H.	V. H.	V. H.	FRX	FRX



TABLA 2 (continuación).—RELACION DE ANÁLISIS.

- 1.—Nefelinita olivínica. Volcán de Valdelapedriza. 43.265. Analista: E. ANCOCHEA. H. 758.
- 2.—Melilitita olivínico-nefelínica. Volcán de El Berruoco. 43.267. Analistas: Elementos Mayores, J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 758.
- 3.—Melilitita olivínico-nefelínica. El Junquillo. 58.492. Analista: E. ANCOCHEA. H. 758.
- 4.—Basanita. Volcán de Cerro Santo. 39.951. Analista: E. ANCOCHEA. H. 759.
- 5.—Melilitita olivínico-nefelínica. Negrizal de las Casas. 42.249. Analistas: Elementos Mayores, J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 759.
- 6.—Melilitita olivínico-nefelínica. Cabeza Parda. 46.485. Analista: E. ANCOCHEA. H. 759.
- 7.—Basanita. La Cabeza de Fernacaballero. 39.961. Analista: E. ANCOCHEA. H. 759.
- 8.—Melilitita olivínico-nefelínica. Volcán de Piedrabuena. 39.955. Analista: E. ANCOCHEA. H. 759.
- 9.—Basanita. Volcán de Piedrabuena. 43.273. Analista: E. ANCOCHEA. H. 759.
- 10.—Basalto olivínico-alcálico. Volcán de las Porras. 39.962. Analista: E. ANCOCHEA. H. 759.
- 11.—Melilitita olivínica. Cabezo de la Plata. 39.960. Analistas: Elementos Mayores, E. IBARROLA; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 759.
- 12.—Melilitita olivínica. Cabezo de la Plata. 39.959. Analista: E. ANCOCHEA. H. 759.
- 13.—Nefelinita olivínica. Volcán de la Arzollosa. 46.475. Analista: E. ANCOCHEA. H. 759.
- 14.—Basanita. Cabeza Mesada. 46.481. Analista: E. ANCOCHEA. H. 759.
- 15.—Nefelinita olivínica. Las Tiñosas. 39.945. Analistas: Elementos Mayores, J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 760.
- 16.—Melilitita olivínica. Volcán de Peñas Pardas. 42.239. Analistas: Elementos Mayores, J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 783.
- 17.—Basanita. El Cabezo de Cabezarados. 42.238. Analista: E. ANCOCHEA. H. 783.
- 18.—Basalto olivínico-alcálico. Cerro de la Cruz. 46.437. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 19.—Nefelinita olivínica. La Cabezueta. Alcolea de C. 46.435. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 20.—Nefelinita olivínica. Cabezo del Moro. 46.433. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 21.—Nefelinita olivínica. Volcán de los Corrales. 51.663. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 22.—Melanefelinita olivínica. Volcán de Palos. 46.463. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 23.—Basalto olivínico-alcálico. Cabezo del Hierro. 51.665. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 24.—Melilitita olivínico-nefelínica. Laguna de Alcolea. 46.263. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 25.—Basanita. Volcán de Peñarroya. 46.431. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 26.—Melilitita olivínico-nefelínica. Volcán de Fuentillejo. 46.434. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 27.—Melilitita olivínica. Volcán de El Arzollar. 46.447. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 28.—Basanita. Cabezo de la Serna. 46.471. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 29.—Basalto olivínico-alcálico. Sur de la Serna. 55.565. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 30.—Basalto olivínico-alcálico. Cortijo de Herrera. 46.265. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 31.—Melilitita olivínico-nefelínica. Arroyo del Cordón. 46.268. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 32.—Basalto olivínico-alcálico. Cabezo Jimeno. 45.599. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 33.—Basanita. Cabezo del Aljibe. 14.387. Analistas: Elementos Mayores, E. IBARROLA; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 784.
- 34.—Basanita. Volcán El Cabezueto de Pozuelo de C. 42.243. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.

TABLA 2 (continuación).

- 35.—Melilitita olivínica. Volcán de las Higueras. 46.462. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 36.—Melilitita olivínica. Cabezo Segura. 42.246. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 37.—Basalto olivínico-alcálico. Casas de Torrecillas. 55.562. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 38.—Melilitita olivínica. Volcán de la Zurriaga. 14.382. Analistas: Elementos Mayores, E. IBARROLA; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 784.
- 39.—Melamellitita olivínico-nefelínica. Cantagallos. 46.455. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 40.—Basalto olivínico. Cerrajón de la Puebla. 45.598. Analistas: Elementos Mayores, J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 784.
- 41.—Basanita. Negrizal de la Halconera. 46.458. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 42.—Nefelinita olivínica. Negrizal de la Cañada. 39.949. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 43.—Basalto olivínico-alcálico. Negrizal de la Atalaya. 39.950. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 44.—Basalto olivínico-alcálico. Negrizal de Villafraña. 46.457. Analista: E. ANCOCHEA. H. 784.
- 45.—Melilitita olivínica. Volcán de S. Marcos. 55.687. Analista: E. ANCOCHEA. H. 785.
- 46.—Basalto olivínico-alcálico. Volcán de Sierra Lucía. 55.677. Analista: E. ANCOCHEA. H. 785.
- 47.—Nefelinita olivínica. Volcán de El Montecillo. 55.665. Analista: E. ANCOCHEA. H. 785.
- 48.—Melilitita olivínica. Hoya de Nandín. 55.663. Analista: E. ANCOCHEA. H. 785.
- 49.—Nefelinita olivínica. Oeste de Cerro Moreno. 55.654. Analista: E. ANCOCHEA. H. 785.
- 50.—Melilitita olivínica. Cerro Moreno. 43.300. Analista: E. ANCOCHEA. H. 785.
- 51.—Basanita. Loma del Negrizal. 55.567. Analista: E. ANCOCHEA. H. 785.
- 52.—Melilitita olivínica Oeste Valenzuela de C. 43.312. Analista: E. ANCOCHEA. H. 785.
- 53.—Melilitita olivínico-nefelínica. Volcán de la Yezosa. 14.395. Analistas: Elementos Mayores, E. IBARROLA; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 785.
- 54.—Nefelinita olivínica. Cerro Gordo. 14.413. Analistas: Elementos Mayores, E. IBARROLA; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 785.
- 55.—Basanita. Volcán de El Naranjo. 46.288. Analista: E. ANCOCHEA. H. 809.
- 56.—Melilitita olivínico-nefelínica. Casas de la Canaleja. 46.285. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO, J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 809.
- 57.—Melilitita olivínica. Negrizal de la Viñuela. 46.282. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 809.
- 58.—Melaleucitita olivínica. Morrón de Villamayor. 14.408. Analista: M. FERMOSE. H. 810.
- 59.—Lencitita olivínica. Morrón de Villamayor. 39.559. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.
- 60.—Melaleucitita olivínica. Morrón de Villamayor. 39.562. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.
- 61.—Melaleucitita olivínica. Morrón de Villamayor. 46.353. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.
- 62.—Melaleucitita olivínica. Suroeste Morrón de Villamayor. 51.698. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.
- 63.—Melaleucitita olivínica. Suroeste Morrón de Villamayor. 51.699. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.
- 64.—Nefelinita olivínica. Volcán de la Conejera. 45.613. Analistas: Elementos Mayores, J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.
- 65.—Nefelinita olivínica. Cerro Pelado. 45.610. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.

TABLA 2 (continuación).

- 66.—Nefelinita olivínico-melilitica. Volcán de Retamar. 43.294. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.  
 67.—Basalto olivínico-alcálico. Volcán de los Frailes. 14.409. Analistas: Elementos Mayores, M. L. FERMOSE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.  
 68.—Basanita. Cabeza Parda de Argamasilla de C. 43.279. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.  
 69.—Basalto olivínico-alcálico. Volcán de la Encina. 14.411. Analistas: Elementos Mayores, M. L. FERMOSE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.  
 70.—Melilitita olivínica. La Colmenilla. 46.075. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.  
 71.—Basanita. Volcán de la Cueva del Aiguacil. 46.091. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.  
 72.—Basanita. Volcán del Castillo. 14.404. Analistas: Elementos Mayores, M. L. FERMOSE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.  
 73.—Melilitita olivínica. Casilla de la Huerta. 46.331. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.  
 74.—Melilitita olivínica. Volcán de El Águila. 46.072. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.  
 75.—Melilitita olivínico-nefelínica. Volcán de Cerro Negro. 46.070. Analistas: Elementos Mayores, J. DE LA PUENTE (en IBARROLA y BRANDLE, 1974); Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.  
 76.—Melilitita olivínica. Volcán de la Vaqueriza. 46.069. Analistas: Elementos Mayores, J. DE LA PUENTE (en IBARROLA y BRANDLE, 1974); Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.  
 77.—Melilitita olivínica. Volcán de la Vaqueriza. 14.396. Analistas: Elementos Mayores, M. L. FERMOSE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.  
 78.—Melilitita olivínica. Volcán de las Mesas. 39.613. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.  
 79.—Melilitita olivínico-nefelínica. Volcán de las Mesas. 14.393. Analistas: Elementos Mayores, M. L. FERMOSE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.  
 80.—Melilitita olivínica. Volcán de El Rincón. 46.068. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.  
 81.—Melilitita olivínica. Afloramientos al sur de las Mesas. 46.064. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.  
 82.—Nefelinita olivínica. Volcán de El Berrocal. 46.063. Analistas: Elementos Mayores, J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 810.  
 83.—Melilitita olivínica. Volcán de La Balona. 46.525. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.  
 84.—Melilitita olivínica. Volcán de El Molino. 46.319. Analista: E. ANCOCHEA. H. 810.  
 85.—Basanita. Volcán de la Coscoja. 46.493. Analista: E. ANCOCHEA. H. 811.  
 86.—Melanofelinita olivínica. Volcán de Cuevas Negras. 46.491. Analista: E. ANCOCHEA. H. 811.  
 87.—Nefelinita olivínica. Volcán de la Boca del Campo. 46.089. Analista: E. ANCOCHEA. H. 811.  
 88.—Basalto olivínico-alcálico. Volcán de la Columba. 46.077. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 811.  
 89.—Basalto olivínico. Volcán de la Columba. 14.391. Analistas: Elementos Mayores, M. L. FERMOSE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 811.  
 90.—Basalto olivínico-alcálico. Volcán de la Columba. 46.082. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 811.  
 91.—Basalto olivínico-alcálico. Volcán de El Cabezuolo. 46.085. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 811.  
 92.—Basanita. Salvatierra. 46.080. Analista: E. ANCOCHEA. H. 811.

TABLA 2 (continuación).

- 93.—Melilitita olivínica Volcán de Bienvenida. 46.272. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 834.
- 94.—Melilitita olivínica. Castillejo de Bienvenida. 46.259. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 835.
- 95.—Melilitita olivínica. Volcán de Retamar. 46.252. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 835.
- 96.—Nefelinita olivínica. Sur de Almagro. 50.298. Analista: E. ANCOCHEA. H. 835.
- 97.—Basalto olivínico-alcálico. 2.º Sur de Almagro. 50.299. Analista: E. ANCOCHEA. H. 835.
- 98.—Melilitita olivínico-nefelínica. Volcán de Asdrúbal. 43.271. Analista: E. ANCOCHEA. H. 836.
- 99.—Melilitita olivínica. Volcán de la Quintería. 46.205. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 836.
- 100.—Nefelinita olivínica. Volcán de El Villar. 46.207. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 836.
- 101.—Basanita. Colada del Ojalén. 46.234. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 836.
- 102.—Basalto olivínico-alcálico. Colada del Ojalén. 46.233. Analista: E. ANCOCHEA. H. 836.
- 103.—Basanita. Volcán de El Cabezuelo de Villanueva de S. Carlos. 39.549. Analista: E. ANCOCHEA. H. 836.
- 104.—Basanita. La Gritana. 43.270. Analista: E. ANCOCHEA. H. 836.
- 105.—Basanita El Burcio. 43.272. Analista: E. ANCOCHEA. H. 836.
- 106.—Melilitita olivínica. 1.º Cañada de Mestanza. 46.243. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 836.
- 107.—Melilitita olivínica. 2.º Cañada de Mestanza. 46.247. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE (en IBARROLA y BRÄNDLE, 1974); Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 836.
- 108.—Melilitita olivínica. 3.º Cañada de Mestanza. 46.248. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE (en IBARROLA y BRÄNDLE, 1974); Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 836.
- 109.—Melanefelinita olivínica. Volcán de Alhorín. 46.080. Analista: E. ANCOCHEA. H. 836.
- 110.—Basalto olivínico-alcálico. Volcán de Las Yeguas. 46.096. Analista: E. ANCOCHEA. H. 837.
- 111.—Melilitita olivínico-nefelínica. Volcán de la Atalaya. 46.095. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 837.
- 112.—Nefelinita olivínica. Volcán de la Atalaya. 46.094. Analista: E. ANCOCHEA. H. 837.
- 113.—Melilitita olivínica. Volcán de los Tontos. 46.098. Analistas: Elementos Mayores, M. VALLEJO y J. DE LA PUENTE; Elementos Menores, E. IBARROLA y E. ANCOCHEA. H. 837.
- 114.—Melilitita olivínica. Volcán de los Tontos. 46.097. Analista: E. ANCOCHEA. H. 837.
- 115.—Melilitita olivínica. Volcán de la Cayetana. 58.500. Analista: E. ANCOCHEA. H. 861.
- 116.—Nefelinita olivínica. La Balona. 46.297. Analista: E. ANCOCHEA (ANCOCHEA, 1974). H. 810.
- 117.—Nefelinita olivínica. La Balona. 46.309. Analista: E. ANCOCHEA (ANCOCHEA, 1974). H. 810.
- 118.—Nefelinita olivínica. La Viñuela. 46.280. Analista: E. ANCOCHEA (ANCOCHEA, 1974). H. 809.
- 119.—Basanita. N.º análisis: 158. Analista: M. L. FERMOSE.
- 120.—Toleíta olivínica (Basalto olivínico-alcálico para  $Fe_2O_3/FeO = 0,15$ ). Volcán de Peñarroya. 14.394. Analista: E. IBARROLA. H. 784.
- 121.—Toleíta olivínica (Basalto olivínico-alcálico para  $Fe_2O_3/FeO = 0,15$ ). Cerro del Telégrafo. 14.381. Analista: E. IBARROLA. H. 784.

TABLA 3.—COMPOSICIÓN MEDIA DE LOS DISTINTOS GRUPOS.

	A. O. B.	Bsn.	N. O.	M. O. N.	M. O.	L. O.
SiO <sub>2</sub> ... ..	44,32	43,01	40,14	38,81	37,29	44,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	12,06	11,94	11,37	10,99	10,44	10,93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	4,88	5,54	5,50	5,30	5,58	5,36
FeO ... ..	6,37	5,85	5,92	6,27	6,00	3,98
MnO ... ..	0,16	0,18	0,18	0,19	0,21	0,16
MgO ... ..	10,33	10,74	11,86	12,96	13,25	11,79
CaO ... ..	11,43	11,87	13,44	13,87	15,37	12,33
Na <sub>2</sub> O ... ..	2,63	3,26	3,23	3,31	2,87	2,42
K <sub>2</sub> O ... ..	1,18	1,08	1,02	1,71	1,37	3,73
TiO <sub>2</sub> ... ..	3,04	3,19	3,35	3,23	3,06	2,27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0,73	0,78	1,02	1,12	1,34	1,14
H <sub>2</sub> O ... ..	2,45	2,21	2,49	1,58	2,49	1,52
Ba ... ..	737	752	826	876	831	1.154
Ce ... ..	77	95	111	112	137	133
Co ... ..	45	43	47	46	46	56
Cr ... ..	416	401	472	515	492	924
La ... ..	66	67	80	76	96	80
Nb ... ..	27	32	34	39	43	26
Ni ... ..	205	185	212	224	235	213
Rb ... ..	37	39	38	39	34	257
Sr ... ..	918	870	1.047	1.123	1.583	1.057
Y ... ..	27	26	29	30	34	8
Zr ... ..	247	261	278	285	292	396

TABLA 4.—MEDIA DE LAS CARACTERÍSTICAS NORMATIVAS.

	TOTAL	A. O. B.	Bsn.	N. O.	M. O. N.	M. O.	L. O.
Or ... ..	5,6	7,0	6,4	3,2	—	—	6,6
Ab ... ..	11,7	17,1	11,5	2,1	—	—	—
An ... ..	13,0	17,6	14,8	13,5	9,8	11,6	5,1
Le ... ..	6,8	—	—	4,5	8,1	6,3	9,8
Ne ... ..	11,0	3,1	8,8	13,4	14,1	13,2	10,3
Ln ... ..	6,0	—	—	—	3,9	6,8	—
Di ... ..	28,7	26,2	29,9	35,7	26,7	25,1	31,0
Ol ... ..	13,9	11,7	10,1	11,5	14,1	16,7	22,3

## BIBLIOGRAFÍA.

- ANCOCHEA, E.  
 1974. *Relación entre xenolitos y rocas basálticas en la región volcánica central española*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Geología, Universidad Complutense, Madrid. 119 págs. (Inédita.)  
 1982. *Evolución espacial y temporal del volcanismo reciente de España Central*. Tesis Doctoral, Facultad de Geología, Universidad Complutense. 440 págs. (Inédita.)
- ANCOCHEA, E. y DEL MORO, A.  
 1981.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of basaltic rocks from Campos de Calatrava (Central Spain). *Estudios Geol.*, 37: 27-33.
- BRÄNDLE, J. L. y CERQUEIRA, I.  
 1972. Determinación de elementos menores en rocas silicatadas por fluorescencia de Rayos-X. *Estudios Geol.*, 28: 445-451.
- BRÄNDLE, J. L., CERQUEIRA, I. y BERMÚDEZ, J.  
 1974. A new method for First Order Line interference corrections in X-Ray spectrochemical analysis. Application to the analysis of geological samples. *X-Ray Spectrometry*, 3: 130-132.
- BURRI, C. y PARGA PONDAL, I.  
 1933. Zur Petrographie der Basischen Eruptivegesteine der Campos de Calatrava. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 13: 40-73.
- GREEN, D. H.  
 1969. The origin of basaltic and nephelinitic magmas in the earth's mantle. *Tectonophysics*, 7: 409-422.
- IBARROLA, E. y BRÄNDLE, J. L.  
 1974. Estudio comparativo de melilitas en rocas ultramáficas de dos diferentes "provincias españolas". *I Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica*, 1.291-1.318.
- MACDONALD, G. A. y KATSURA, J.  
 1964. Chemical composition of Hawaiian lavas. *Jour. Petrol.*, 5: 82-133.
- PARGA PONDAL, I.  
 1935. Químismo de las manifestaciones magmáticas cenozoicas de la Península Ibérica. *Trab. Mus. Cien. Nat. Serie Geol.*, 39: 1-174.
- PEÑA PITA, C.  
 1965. *Nuevos datos sobre las rocas volcánicas de Campos de Calatrava*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Complutense. (Inédita.)
- ROSA, A. de la, ALVARADO, A. y HERNÁNDEZ PACHECO, F.  
 1929. *Memoria explicativa de la Hoja Geológica 1:50.000, n.º 836 de Mestanza*. I. G. M. E. 85 págs.
- VELDE, D. y YODER, H. S.  
 1977. Melilite and Melilite-bearing igneous rocks. *Carnegie Inst. Wash. Year Book*, 76: 478-485.
- YODER, H. y TILLEY, C.  
 1962. Origin of basalt-magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems. *Jour. Petrol.*, 3: 342-532.