Caja Autor
TERUGGI - 9

M. E. TERUGGI, J. O. KILMURRA
C. W. RAPELA y L. DALLA SAL

DIQUES BASICOS EN LAS SIERRAS DE TANDIL

De la « Revista de la Asociación Geológica Argentina », Tomo XXIX, Nº 1

BUENOS AIRES
IMPRENTA CONI S.A.C.I.F.I.
684, PERÚ, 684

1974

Revista de la Asociación Geológica Argentina

Tomo XXIX, N° 1 (Enero-marzo, 1974), págs. 41-60

DIQUES BASICOS EN LAS SIERRAS DE TANDIL

Por M. E. TERUGGI [1], J. O. KILMURRAY [1], C. W. RAPELA [2] y L. DALLA SALDA [1]

RESUMEN

Se da a conocer la existencia de diques básicos (diabásicos), de potencia apreciable (50 m de promedio) alojados en migmatitas y granitoides del basamento precámbrico de Tandil. Los diques están intruidos verticalmente en sistemas de fracturas vinculadas a las estructuras de los dominios tectónicos. Las diabasas están constituidas por labradorita ácida y clinopiroxeno augítico (augítico salítico). Las plagioclasas están normalmente alteradas en agregados grano-escamosos; los piroxenos están frescos o anfibolitizados y/o cloritizados. Como accesorio hay ilmenita transformada parcialmente en leucoxeno y rara apatita.

El análisis geoquímico, pone en evidencia que las diabasas tienen bajo contenido en S_iO_2 y relativa riqueza de álcalis, por lo que en los diagramas de Kuno quedan ubicados dentro de los basaltos alcalinos, con tendencia, a veces, a basaltos ricos en alúmina. Conclusiones similares se obtienen a partir de la catanorma de Barth-Niggli y utilizando la clasificación normativa de Irvine y Baragar. El análisis químico comprende también a cinco elementos minoritarios (Ni, Cr, Co, Cu, Zn).

En la parte petrológica, se consideran las transformaciones metamórficas o de otros orígenes sufridos por las diabasas, cuya naturaleza se discute. Por último, se trata la edad de las intrusiones y se las ubica en el esquema evolutivo del basamento Tandiliano, el que se confronta además con el de Guayania.

ABSTRACT

The occurrence of thick (50 m average) diabase dykes in the Precambrian migmatites and granitoids of the Tandil basement is here reported for the first time. The dykes have been intruded along vertical fractures connected to the structures of the tectonic domain. The diabases are made up of acid labradorite and augite or salitic augitic clinopyroxenes. Plagioclases are systematically transformed into a grain scaly aggregate, whilst pyroxenes may be fresh, amphibolitized and/or chloritized. Ilmenite partly replaced by leucoxene, and tare apatite, are found as accesories.

Geochemical analyses show that the diabases are somewhat low in their contents of S_iO_2, while they are relatively wich in alcalis; consecuently, in Kuno's diagrams they fall in the field of alcaline basalts, with occasional trends towards high alumina basalts. Similar results are obtained by calculating the Barth-Niggli katanorm and applying Irvine and Baragar's normative classification.

Chemical analyses of five trace elements (Ni, Co, Cu, Zn, Cr) are also given.

The petrological part of this paper deals with the metamorphic transformations that have affected the diabases, whose problematic nature is discussed. Finally, datings of the intrusives are presented and their position in the evolutive sequence of the Tandil basement is considered and compared with that of Guiana.

[1] Cátedra de Petrología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata.

[2] Cátedras de Geoquímica y Petrología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata.

1. INTRODUCCION

La presencia de diques básicos en basamentos precámbricos ha sido notada y estudiada en diversas partes del mundo. Basta una lectura de las descripciones e interpretaciones de los escudos cristalinos para verificar la ubicuidad de los diques básicos, que la mayoría de las veces son diabasas, pero los hay igualmente de gabros y lamprófiros. Así, por citar unos pocos ejemplos, se los registra en las áreas clásicas del precámbrico inglés (Anderson, 1965), norteamericano-canadiense (Wilson, 1965; Flawn y Muehlberger, 1970), del escudo fenoscándico (Barth y Reitan, 1963; Geijer, 1963; Eskola, 1963), de la India (Pichamuthu, 1967) y de Africa (Cahen y Lepersone, 1967). En todos esos sitios se los encuentra bajo la forma típica de diques más o menos verticales, o en algunos casos como filones capas o mantos. Similares características geológicas y petrográficas poseen los diques de diabasas del escudo de Guayana (Hawkes, 1966; Choudhuri y Milner, 1971), que interesan particularmente a causa de sus posibles implicaciones en el magmatismo del basamento precámbrico de América del Sur.

Según todas las evidencias, entonces, es raro que los diques básicos falten en los cinturones orogénicos metamorfizados. Su intrusión puede ocurrir en el período preorogénico del geosinclinal o bien seguir a la etapa sinorogénica para alcanzar la postorogénica; inclusive, la intrusión puede ser muy tardía con respecto a los eventos metamórficos de los orógenos.

En los terrenos orogénicos del precámbrico, es normal que las diabasas y rocas afines hayan sido afectadas por metamorfismo, por lo que pasan a constituir metamorfitas que a menudo suelen alcanzar la facies de anfibolitas, clasificándolas como orto-anfibolitas o epidioritas (en Inglaterra solamente). En la última década se ha difundido el término metabasita con el que se denota, simplemente, una roca básica metamorfoseada.

Las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires, o Tandilia, único basamento precámbrico indudable de la Argentina, no hacen excepción en lo que se refiere a la presencia de rocas básicas filonianas. Así, en el cerro Noceti, junto a la ciudad de Tandil, Teruggi (1951) encontró diques básicos verticales (presumiblemente espesartíticos), de espesor reducido (menos de 2 m) y de rumbo aproximado E-W. Para la región vecina de Azul, Villar Fabre (1954), cita en la falda oriental de Boca de la Sierra y el cerrito del parque de la estancia La Armonía "un filón diabásico que se extiende aproximadamente 3 km con rumbo 70°-80°"; el mismo autor menciona sin otros detalles, la presencia de filones de diabasa en la estancia San Arturo. Un filón diabásico en Boca de la Sierra es también descripto por González Bonorino *et al.* (1956), con rumbo 160° y buzamiento 85° E; el espesor de este dique es de un metro. Una visita efectuada al lugar por dos de los autores (Dalla Salda y Rapela, W.) permitió corroborar estos datos, pudiéndose además agregar que la diabasa intruye discordantemente rocas gnéisicas de foliación 70°/70° S. Es de destacar que en un punto el dique se bifurca en dos ramas de 40-60 cm de espesor. Por último Quartino y Villar Fabre (1967) indican para un perfil a 3,1 km al oeste de la Estancia de Santamarina, al SW del cerro Centinela, Tandil, la presencia de tres diques básicos o lamprofíricos de 1,4 a 3 m de espesor con rumbo E-W. Finalmente, Quartino y Villar Fabre (1967), mencionan que Amos halló rocas básicas filonianas en la sierra de Los Barrientos, unos 60 km al sur de la ciudad de Tandil, intruidas en pelitas de la Serie de La Tinta.

Hasta ahora, todas las descripciones de rocas básicas o metabasitas se refirieron a cuerpos pequeños, de no más de 1 ó 2 m de espesor, a menudo menos.

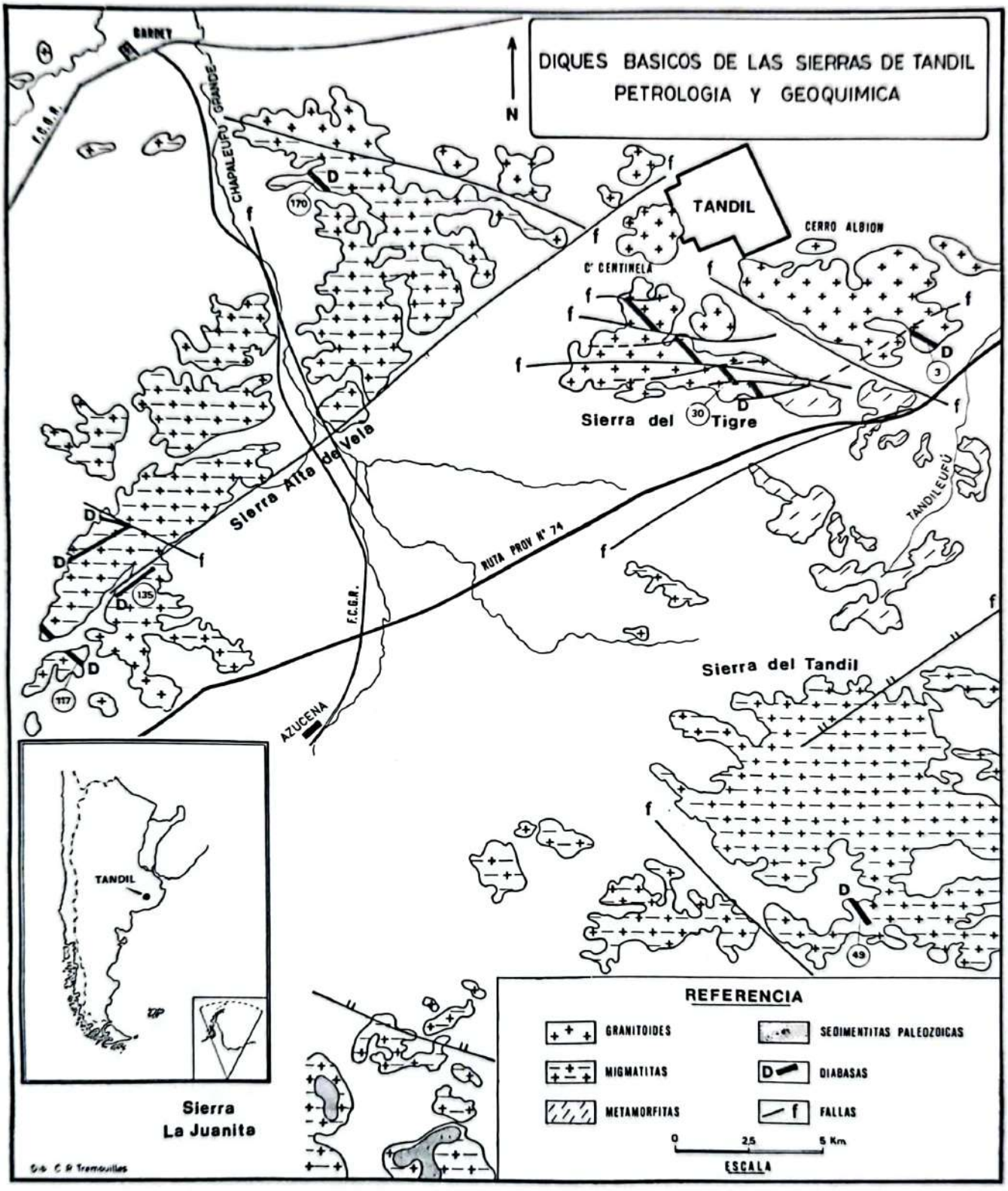


Figura 1

En el presente trabajo, a diferencia de dichas intrusiones, nos proponemos dar a conocer la existencia de diques de dimensiones considerables, de más de 30 m de potencia, que hemos podido detectar a partir de fotointerpretación y luego confirmar en el campo. Los cuerpos intrusivos de esas dimensiones no han sido mencionados por ninguno de los autores que se ocuparon del área de

Tandilia, y constituyen una novedad petrológica de cierto interés, que se estudia en la presente contribución.

ASPECTOS GEOLOGICOS

Reseña geológica de la región. Según los estudios más recientes (Teruggi, Kilmurray y Dalla Salda, 1973), la región de Tandil está constituida por granitoides, migmatitas y metamorfitas de grano fino e inyectadas que se distribuyen en tres dominios estructurales. El denominado dominio A,, de orientación E-W, está representado por una estructura planar marcada en rocas esquistosas de bajo grado, en forma de relictos dispersos independientes o asociados a otros dominios. El dominio B o de orientación NE-SW, con pliegues sinformes y antiformes de amplia longitud de onda, está caracterizado por migmatitas con una foliación bien definida y otras estructuras menores. El tercer dominio, o C, se desarrolla más típicamente en el sector del cerro La Ribulia y se caracteriza por estructuras mayores en forma de pliegues similares con orientación de ejes en la dirección de la foliación SE-NW. La tectónica de fallas ha dado la configuración final a las sierras de Tandil a través de movimientos de ajuste en tres direcciones coincidentes con estructuras del tipo anteriormente descripto. Así, se observan fallas NE-SW que delimitan bloques orientados en el sentido de las fracturas y con rechazos de varios kilómetros. El otro sistema es el NW-SE, normal al anterior y coincidente en su rumbo con la alineación regional de los diques de diabasa estudiados. Existe un tercer sistema, E-W que se pone de manifiesto especialmente en el sector sur de la ciudad de Tandil, donde se observaron fracturas con el consiguiente movimiento de los bloques menores, fig. 1, interrumpiendo la alineación de los diques.

Características de los diques

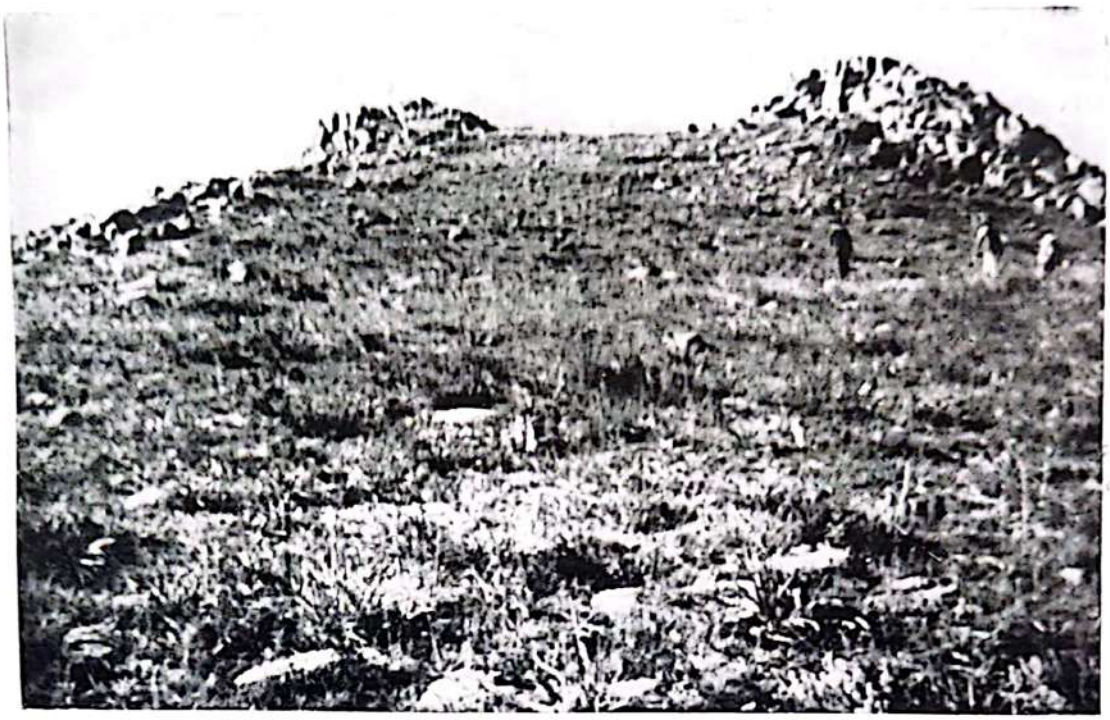
Los diques fueron primeramente reconocidos en base al estudio de las fotografías aéreas, en las que se aprecian como cintas grises más oscuras que los granitoides o migmatoides en los que están alojados.

En el campo, el reconocimiento sin previa información es difícil, dado que por su naturaleza los diques básicos se alteran más intensamente que la roca circundante y quedan cubiertos de suelo con vegetación herbácea.

Con todo, y a causa de descomposición, suelen formar en el paisaje trincheras poco perceptibles (Lámina I, 1 y 2), que en las partes más altas de las serranías se presentan como portillos ligeramente marcados. Al intruirse, los diques parecen haber ejercido una acción térmica sobre las rocas de caja, pues en el paisaje las salbandas quedan a veces como ligeras crestas a ambos lados de ellos. Con todo, estas salbandas en resalto pueden estar ausentes.

La potencia de los diques, que son siempre aproximadamente verticales, varía entre 30 y 80 m, estando con frecuencia cercana a los 50 m. Los diques diabásicos mayores se han alojado preferentemente siguiendo fracturas de rumbo NW-SE y, según puede apreciarse en el mapa geológico (fig. 1) se presentan en varios puntos de las sierras. El conjunto de los afloramientos de diabasas del sur de Tandil podría ser alineado con los del norte de Vela, desplazando imaginariamente el bloque varios kilómetros hacia el SW; de esta manera, resultaría que la presencia de varios diques es sólo aparente y se trataría nada más de una o dos intrusiones separadas por efectos tectónicos. De igual modo, y por un desplazamiento similar el dique al sur de las sierras del Tandil quizá pudiera conectarse con el dique del sur de Vela.

La acción tectónica sobre los diques, en menor escala, se hace evidente en la sierra del Tigre, donde uno de ellos, de unos 80 m de potencia, muestra en su



1

2

Lám. I. — 1, Dique de diabasa al sur de la ciudad de Tandil. Se observa el paisaje de trincheras poco marcadas y la presencia de portillos algo notables. A ambos lados del dique se notan crestas formadas por material de la roca de caja (granitoides) ; 2, Dique de diabasa al sur de sierra de Vela. Presenta las mismas características que el afloramiento antes descripto. Las rocas de caja están compuestas por materiales graníticos

recorrido aflorante de unos 2.000 m varios desplazamientos de rumbo provocados por deformaciones menores y además, se halla interrumpido por fallas con desplazamiento de rumbo de hasta 600 m, que sería el máximo medido según plano de falla y observado en fotografía aérea.

Aparte de lps diques potentes con orientación NW-SE, existen algunos menores, como los reconocidos al sur de Vela que son coincidentes con la foliación regional NE-SW. Finalmente, en las proximidades de la ciudad de Tandil se destacan diques básicos menores con rumbo E-W y con relaciones semejantes a los de Boca de la Sierra en Azul. Estos diques menores no serán tratados en el presente trabajo.

La obtención de las muestras está dificultada por la alteración y el desarrollo de suelo, por lo que se las debe extraer de bochones u otros relictos aflorantes. Buena posibilidad la brindan los frentes de canteras, pero para los diques en estudio el único que hemos hallado es el que se encuentra en el borde oriental del cerro Centinela, donde un pequeño corte para la extracción de material se ha .efectuado a través de un dique (T. 30). En todos los casos observados, las diabasas muestran al alterarse, superficies castaño rojizas, en todo semejantes a las de la alteración de las rocas que las contienen, por lo que pasan fácilmente inadvertidas en un reconocimiento geológico.

PETROGRAFIA

Las rocas de los diques presentan algunas variaciones en su aspecto. Las hay granudas, con tamaño de grano mediano (3 a 4 mm), color verde-grisáceo en el que se destacan componentes verde oscuros. Otro tipo es de grano más fino (1-2 mm) y color gris verdoso. El tercer tipo es de aspecto también granudo y con tamaño de grano alrededor de 5 mm, color gris verdoso oscuro, con fuerte aspecto plutónico en el que se reconocen individuos grises claros de feldespatos y grises oscuros de mafitos.

Estos tipos litológicos suelen poseer grano mayor y más aspecto plutónico que las diabasas y lamprófiros en diques menores descriptos por González Bonorino, Villar Fabre y Quartino en Azul y Tandil respectivamente. Al microscopio se observa que la textura de las rocas es la típicamente ofítica a subofítica, que en varias muestras se halla bien preservada, como p.e. en las correspondientes a los afloramientos de la sierra del Tigre y sierra de Vela (lámina II, 1 y 2). El grano varía dentro de ciertos límites y en algunos casos, las plagioclasas son primas largos que se entrecruzan como en trabéculas (textura trabecular, Teruggi, 1964). La textura original puede estar enmascarada por la transformación de las plagioclasas y a veces también de los piroxenos. Incluso, en algunos casos, puede presentarse una fuerte cloritización, que a veces está acompañada de deformación (lámina II, 3). La composición mineralógica, basada en rocas de los diques principales, es la siguiente, según las modas obtenidas con platina contadora de puntos (tipo Swift):

CUADRO I

Análisis modal

	T. 30 Sierra del Tigre	T. 117 Sierra de Vela	T. 135 Sierra de Vela
Plagioclasa.....	38,7	47,2	44,4
Piroxeno	41,7	27,0	40,8
Hornblenda	7,3	15,0	—
Hornblenda cloritizada.....	—	—	11,6
Clorita.....	7,0	6,8	—
Cuarzo	3,0	1,0	Tr.
Minerales opacos-apatita...	2,3	3,0	3,2

La plagioclasa aparece en tablillas y listones de 0,5 a 4 mm, dependiendo de las muestras, y están maclad as según las leyes de albita y Carlsbad-albita, que son las más comunes. Se encuentran raramente frescas; en el mejor de los casos (T. 117), los cristales están agrietados e infiltrados por minerales escamosos, que dejan remanentes más o menos límpidos. En el resto de las muestras, la plagioclasa está totalmente o casi totalmente reemplazada por un agregado granular escamoso, al parecer constituido por micas, cloritas, calcita y probablemente una plagioclasa ácida, sin que se distingan gránulos de epidoto o zoisita, aunque éstos pueden estar presentes, especialmente en porciones densas finamente granulares (lámina II, 1, 2 y 3).

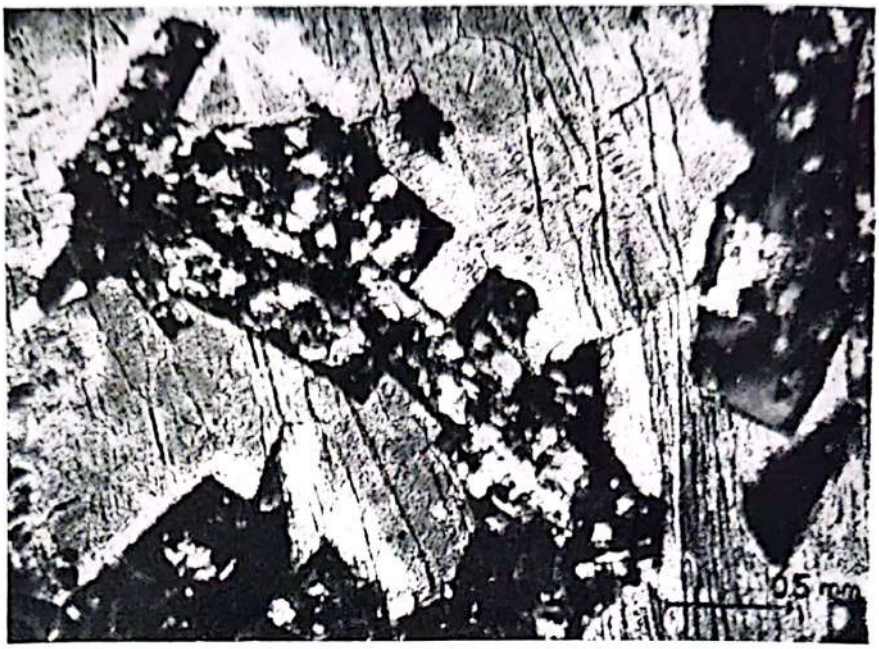
La transformación de las plagioclasas oscurece o destruye las maclas que sólo son visibles a veces, y muy débilmente, en los bordes de los cristales. Por ello, es prácticamente imposible determinar, por la vía óptica, la naturaleza mineralógica. En un único caso (T. 117) la medición con platina universal dio como ángulo de extinción máximo: 28°, que corresponde a la composición An53 (Tröger, 1959). Se supone que la composición de las otras rocas es similar a ésta.

Las transformaciones afectan tanto a las tablillas entrecruzadas como a las que están incluidas totalmente en piroxeno (lámina II, 1 y 2). En algunas muestras (T. 30) parece haber una segunda generación de plagioclasa reconocible por su limpidez, frescura y relativa acidez (no ha sido posible determinarlas dadas sus características particulares), que sólo aparece en pequeños manchones o como rebordes o remanentes de plagioclasas mayores.

El piroxeno se presenta en grandes individuos o placas anedrales de 3 ó 5 mm de diámetro, o bien en prismas de tamaño variable hasta 0,5 mm. La zonalidad es poco frecuente al igual que el maclado, pero en ocasiones presentan señales cataclásticas (T. 30, lámina II, 1 y 2), como extinción ondulante, granulación y planos de deslizamiento. Los cristales de piroxeno están típicamente frescos, más frescos que las plagioclasas en la mayoría de las muestras, aun cuando éstas están totalmente reemplazadas (lámina II, 1 y 3). En caso de transformación, el piroxeno puede ser reemplazado marginalmente por hornblenda o bien en forma total, especialmente en los cristales menores. También pueden ser cloritizados y se pueden seguir todas las fases en las muestras desde infiltración de clorita a lo largo de grietas hasta la cloritización (lám. II, 3), lo que origina pseudomorfosis de clorita y hornblenda o clorita sola. Cuando está fresco, el piroxeno es incoloro o neutro, y en un sólo caso (T. 49), se observaron reemplazos hornbléndicos que semejan exsoluciones. Según mediciones con platina universal, el ángulo de extinción Z:*c* es igual a 43-44° y el 2V*z*: 56°, pero a menudo existe un reborde de 2V: 43°. De acuerdo con esto, se tendría una augita con un 36 % de wollastonita, hasta una augita salítica con 46 % de Wo (Tröger, 1959). En ningún caso se observó ortopiroxeno.

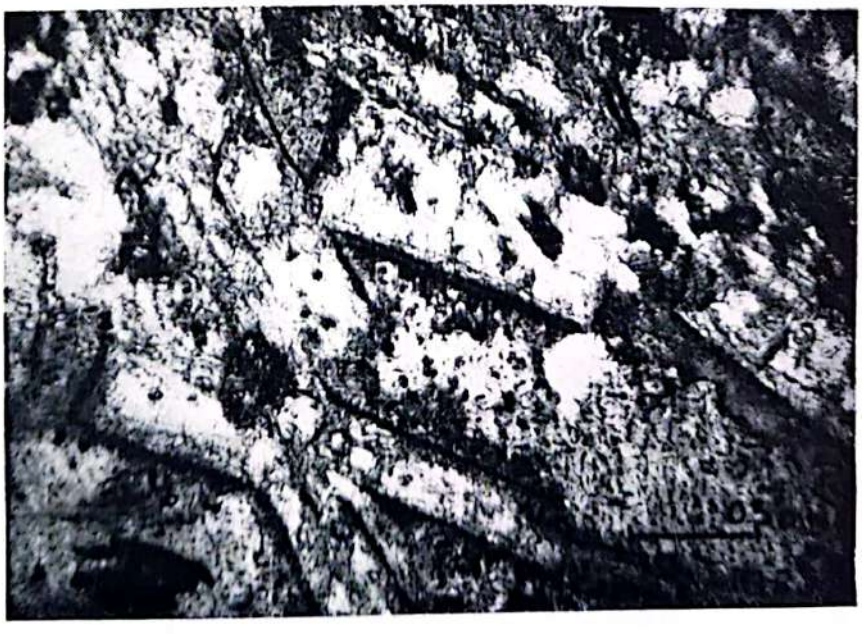
Los anfíboles están representados por una hornblenda con un esquema de pleocroísmo: verde claro-verde amarillento-castaño verdoso, que en la mayor parte de los casos se ha formado a expensas del piroxeno, al que reemplaza en los bordes o en forma total. La determinación de la hornblenda y su porcentaje modal puede estar dificultada por el hecho que a menudo, está reemplazada, en forma parcial hasta total, por cloritas; o sea que, según el tipo de roca, se tiene: piroxeno fresco, piroxeno y hornblenda derivada, piroxeno-hornblenda-clorita, hornblenda-clorita o clorita solamente. Aparte de reemplazar a los mafitos, las cloritas se encuentran también en escamillas diseminadas en las plagioclasas.

Como mineral félsico muy raro, pue-



1

2



3

de mencionarse el cuarzo, que parece ser de generación tardía y se presenta intersticialmente, en pequeños manchones o en rebordes límpidos de plagioclasa; todo este cuarzo tiene extinción ondulante, por lo que evidentemente ha sido deformado con posterioridad a su cristalización. A veces, este mineral parece formar intercrecimientos con feldespatos.

Los minerales accesorios están representados por menas y apatita, ésta en agujas algo gruesas, muy poco abundantes, salvo en la muestra T. 30. Las menas parecen ser principalmente de ilmenita, que en algunos casos (T. 30 y T. 49) muestras a la luz reflejada su típica transformación en leucoxeno. Estas menas son intersticiales o están asociadas a cristales de piroxeno.

La composición de las rocas descriptas puede ser comparada con las citadas por Quartino y Villar Fabre (1967), compuestas esencialmente por plagioclasa básica y anfíbol de origen secundario. Para la región de Azul, Villar Fabre (1954) indica un filón diabásico compuesto de labradorita, biotita, augita y anfíbol en relaciones porfíricas y ofíticas; el mismo autor, para las inmediaciones de la estancia San Arturo, encuentra filones con andesina básica y pigeonita y estructura micrográfica dada por el cuarzo. González Bonorino *et al.* (1956), por otra parte, cita para la misma región de Azul diabasas con textura integranular a subofítica, compuestas por plagioclasa alterada y piroxeno de tipo augita.

Se está en presencia, evidentemente, de diabasas normales en lo que se refiere a su composición mineralógica. En esto no difieren mayormente de las diabasas descriptas en diversos continentes (Walker y Poldervaart, 1949). Con todo, las transformaciones que con frecuencia sufren pueden modificar la composición mineralógica primitiva.

La transformación de la mineralogía original (plagioclasa-piroxeno) en otra distinta (cloritas, calcita, plagioclasa ácida, piroxeno, anfíbol y clorita) implica una acción metamórfica o de otro origen, que será tratada en la parte petrológica.

GEOQUIMICA

a) Métodos analíticos

Se analizaron tres muestras, en las que se investigaron los contenidos de 17 elementos entre mayoritarios y minoritarios. Los métodos y técnicas analíticas utilizados son los que fueron adaptados anteriormente por uno de los autores (Rapela, 1972).

El análisis químico de los elementos minoritarios, Cr, Ni, Co, Cu y Zn se realizó por el método de espectrofotometría de llama por absorción atómica. Las determinaciones fueron realizadas con el equipo Jarrell Ash Mod. 82/251 del Departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Exactas de la U.N.L.P. Los resultados obtenidos se muestran en los cuadros II y III.

Elementos mayoritarios. En el cuadro II se muestra la composición química en elementos mayoritarios de las tres muestras analizadas conjuntamente con los valores promedio de las mismas.

Lám. II. — 1, Muestra T. 30. Sierra del Tigre (sur). Diabasa. La roca presenta una textura francamente *ofítica*, mostrando cristales de plagioclasa en tablillas incluídas en un individuo mayor de *piroxeno*. Este mineral se encuentra sin evidencias de alteración, mientras que los feldespatos *calcosódicos* se hallan alterados en un agregado de individuos escamosos y granulosos. Fotomicrografía *con nicoles cruzados*; 2, detalle de la muestra anterior. Con nicoles cruzados: 3, Muestra *T. 49 a*. Diabasa alterada. Sur de sierra de Tandil. Se destaca un avanzado estado de alteración de los individuos *félsicos* y *máficos* en agregados de material clorítico-sericítico.

CUADRO II

Elementos mayoritarios

%	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
SiO_2	47,76	47,84	47,00	47,53	47,1	48,3	45,86	48,08	51,9
TiO_2	0,58	0,58	0,68	0,61	2,2	1,8	n-d	1,17	1,3
Al_2O_3	18,95	16,52	18,40	17,95	15,7	16,0	17,23	17,22	15,1
Fe_2O_3	1,67	0,18	0,64	0,83	3,4	2,8	2,33	1,32	1,3
FeO	6,49	11,04	9,98	9,17	7,8	8,3	9,42	8,44	9,0
MnO	0,17	0,21	0,20	0,19	0,16	0,17	n-d	0,16	0,2
MgO	6,08	5,10	5,70	5,62	7,10	6,50	9,28	8,62	6,6
CaO	12,90	11,90	11,90	12,23	10,1	9,8	9,62	11,38	10,0
Na_2O	2,28	2,88	2,80	2,65	3,3	3,3	3,85	2,37	2,1
K_2O	1,04	2,00	1,28	1,44	1,5	1,3	1,23	0,25	0,9
P_2O_5	0,01	0,03	0,05	0,03	0,47	0,32	n-d	0,10	0,2
H_2O	2,09	1,97	2,22	2,09	1,1	1,4	0,91	1,01	0,9
H_2O	0,16	0,07	0,08	0,10	—	—	0,17	0,05	0,5
Total	100,18	100,32	100,93	100,44			99,90	100,17	100,0

Referencias : I. Diabasa de sierra del Tigre (T. 30); II. Diabasa de sierra de Vela, Tandil (T. 117); III. Diabasa sur de sierra de Vela (T. 135); IV. Promedio de diabasa de Tandil; V. Promedio de 567 basaltos alcalinos continentales (Manson, 1967); VI. Promedio de 84 doleritas alcalinas (Manson, *op. cit.*); VII. Promedio de 5 teschenitas de la región de Sarmiento (Teruggi, 1964); VIII. Promedio de basaltos con alto contenido en alúmina, intrusión de Skaegaard, Groenlandia Oriental (Wager, 1960; Kuno, 1968); IX. Promedio de diabasas cuarcíferas de la asociación tholeiitica de cuatro provincias diferentes (Turner y Verhoogen, 1960).

CUADRO III

Elementos minoritarios

ppm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Ni	93	93	78	88	80	75	2000	20	0,5
Cr	80	112	57	83	140	142	2000	20	4,0
Co	96	90	90	92	40	40	150	10	1
Cu	165	173	65	134	108	127	10	30	10
Zn	165	164	136	155	n-d	n-d	50	60	40

Referencias : I. Diabasa sierra del Tigre (T. 30); II. Diabasa sierra de Vela (T. 117); III. Diabasa sur de sierra de Vela (T. 135); IV. Promedio de diabasas Tandil; V. Promedio de basaltos alcalinos (Prinz, 1967); VI. Promedio de basaltos tholeiiticos (Prinz, 1967); VII. Promedio de rocas ultrabásicas (Taylor, 1965); VIII. Promedio de granodioritas (Taylor, 1965); IX. Promedio de granitos (Taylor, 1965).

Con fines comparativos, en la misma tabla figuran también promedios de basaltos y diabasas alcalinos, promedios de diques básicos alcalinos de la región de Sarmiento, promedio de basaltos con alto contenido en alúmina y promedio de diabasas cuarcíferas de la asociación tholeiítica.

La inspección de los valores, muestra la tendencia de las diabasas de Tandil de aproximarse a los valores promedio de las diferentes rocas alcalinas (cuadro II, columnas V, VI, VII). Rasgo distintivo de esta similitud es el bajo contenido en S_iO_2 y la riqueza en álcalis (Na_2O-K_2O), características éstas que marcan las principales diferencias entre las diabasas cuarcíferas tholeiíticas (cuadro II, columna IX) y las intrusiones basálticas alcalinas (Turner y Verhoogen, 1960). El alto contenido de Al_2O_3 y CaO se asemeja sin embargo al valor promedio de los basaltos con alto contenido en alúmnia (cuadro II, columna VIII). Este tipo de basalto reconocido por Kuno (1968) como magma basáltico primario presenta todas las transiciones posibles con los basaltos alcalinos.

Kuno (*op. cit.*) reconoce tres tipos de magmas basálticos primarios: tholeiítico, con alto contenido en alúmina y olivínico alcalino, empleando para diferenciar los criterios químicos y mineralógicos. Para ello, construye dos tipos de diagramas químico-composicionales: Na_2O-K_2O vs. S_iO_2 y Na_2O-K_2O vs. Al_2O_3, en los que se separa, mediante líneas necesariamente arbitrarias, los campos de composición que corresponden a cada uno de los tres tipos de basaltos. Con fines de comparación se han volcado los resultados de las diabasas de Tandil en los gráficos mencionados.

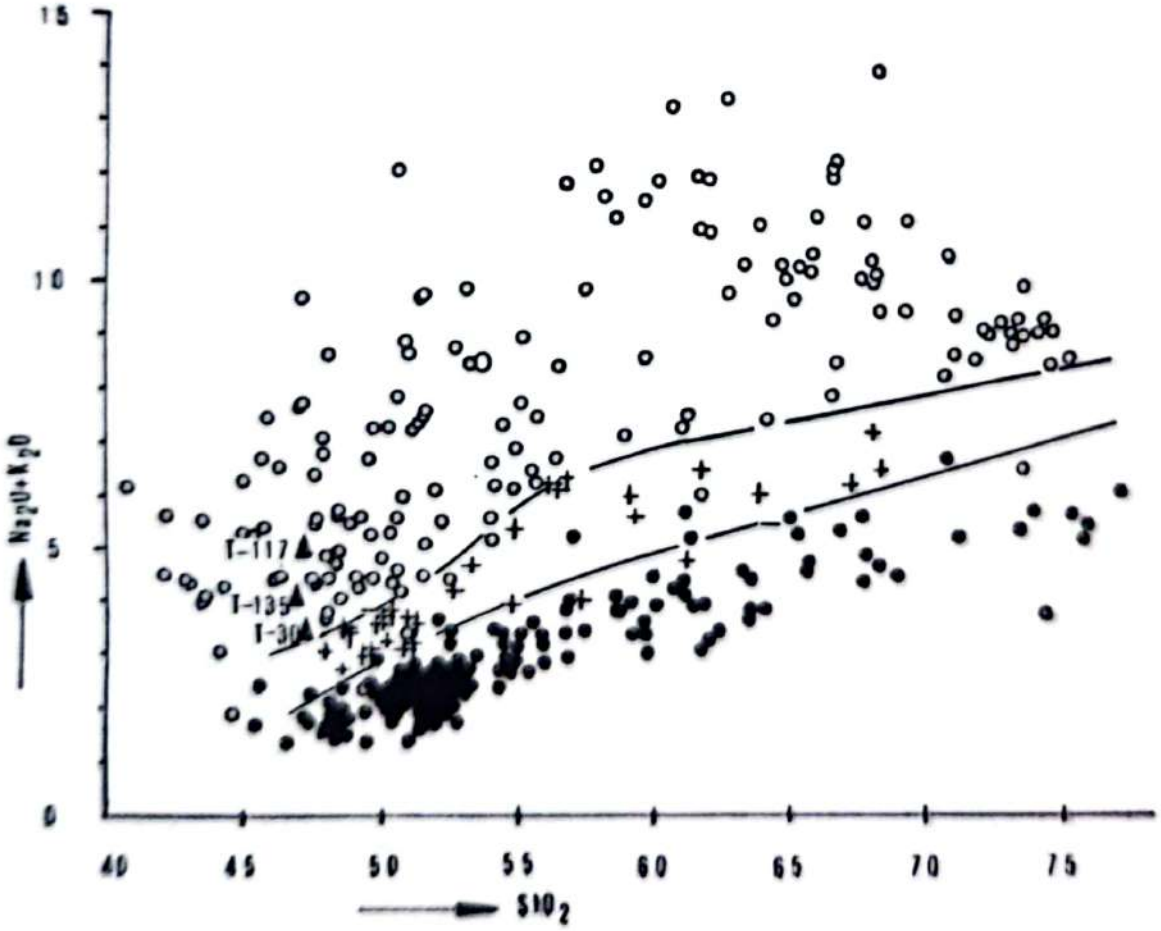


Fig. 2.— SiO_2 vs Na_2O-K_2O. Basaltos tholeiíticos (círculos negros); basaltos con alto contenido en alúmina (cruces); basaltos alcalinos (círculos blancos). Extraídos de Kuno (op. cit.). Diabasas de Tandil (triángulos negros).

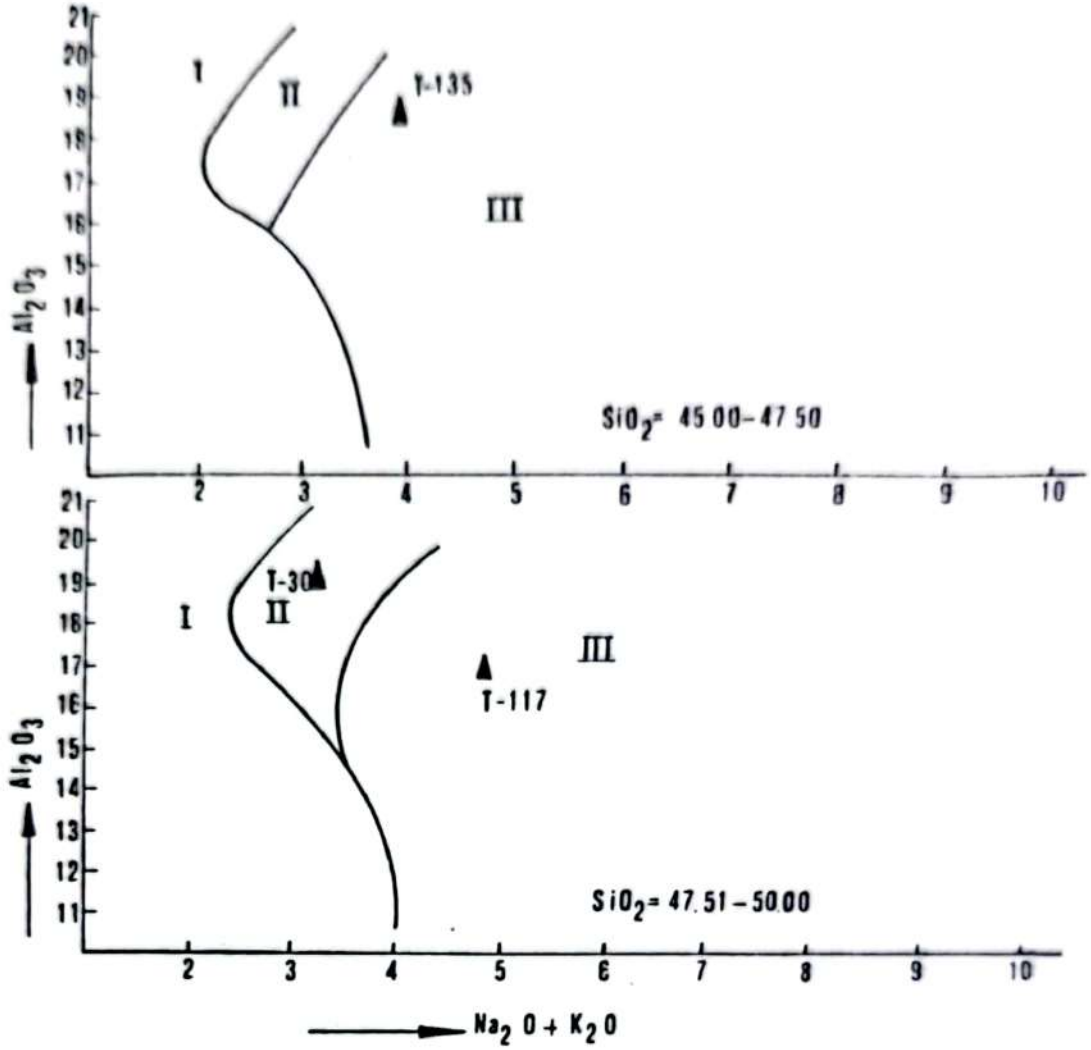


Fig. 3. — Na_2O-K_2O vs Al_2O_3. I, campo de los basaltos tholeiíticos; II, campo de los basaltos con alto contenido en alúmina; III, campo de los basaltos alcalinos (extraídos de Kuno, *op. cit.*); en círculos negros, diabasas de Tandil.

Puede apreciarse que, en la fig. 2, las tres rocas caen dentro del campo de los basaltos alcalinos, aunque la muestra T. 30 se encuentra casi en el límite composicional de los basaltos con alto contenido en alúmina. En la figura 3 las muestras T. 117 y T. 135 se sitúan en el campo de los basaltos alcalinos, en tanto que la muestra T. 30 se halla decididamente en el sector correspondiente a los basaltos con alto contenido en alúmina.

Clasificación química mediante composiciones normativas

Con el objeto de caracterizar mediante parámetros definidos, la composición química de las rocas básicas, la composición normativa de las tres muestras analizadas, se calculó por medio de la norma molecular o "Barth-Niggli katanorma" siguiendo el orden propuesto por Shaw (1969). Estos cálculos son de gran importancia, ya que mediante los mismos, se puede establecer una comparación basada en parámetros constantes y definidos. Tiene también la ventaja de que permite cotejar los resultados con los obtenidos en rocas que hayan sido metamorfizadas o alteradas en un grado tal que su clasificación por la vía mineralógica usual sea inadecuada. Una vez obtenida la norma, es factible sistematizar un conjunto de rocas utilizando porcentajes de minerales normativos de

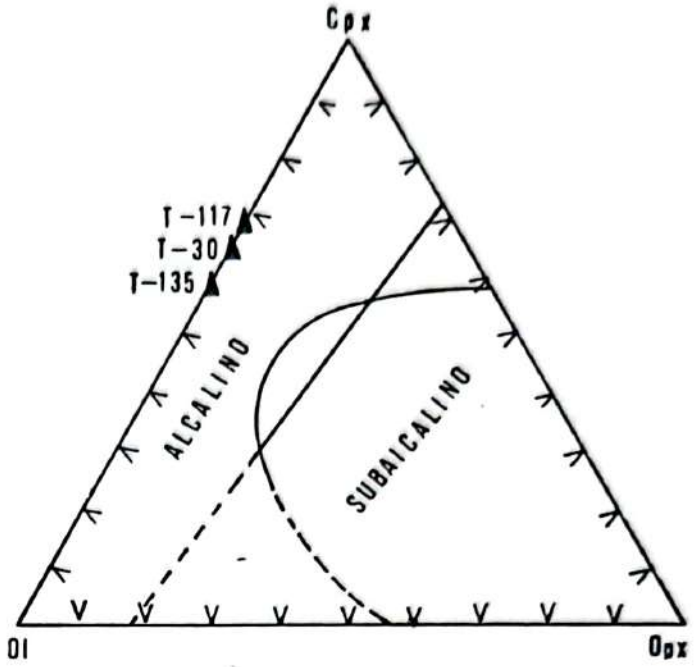


Fig. 4. — Ol = olivina normativa (Fo+Fa). Cpx = clinopiroxenos normativos (Di + He). Opx = ortopiroxenos normativos (En+Fs). Extraído de Irving y Baragar (1971). Diabasas de Tandil (triángulos negros).

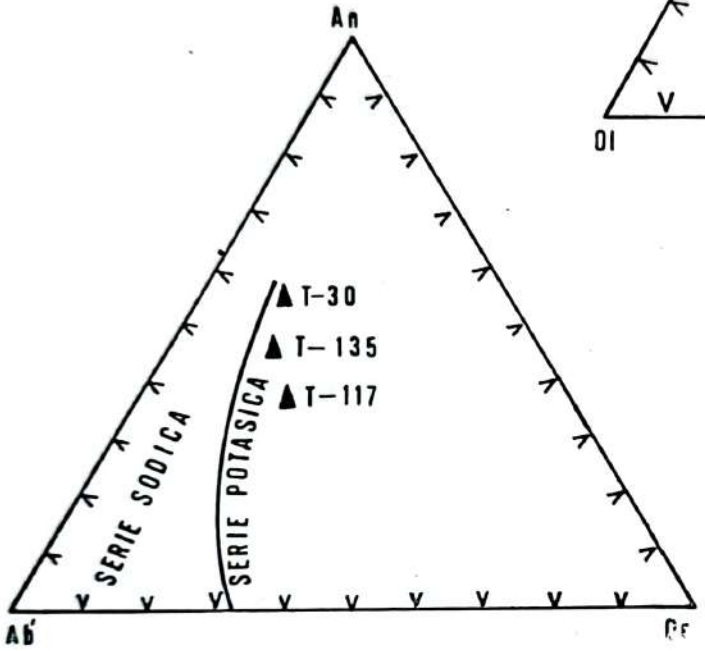


Fig. 5. — Ab' = Ab + 5/3Ne. Ab = albita normativa. Ne = Nefelina normativa. An = anortita normativa. Extraído de Irving y Baragar (1971). Diabasas de Tandil (triángulos negros).

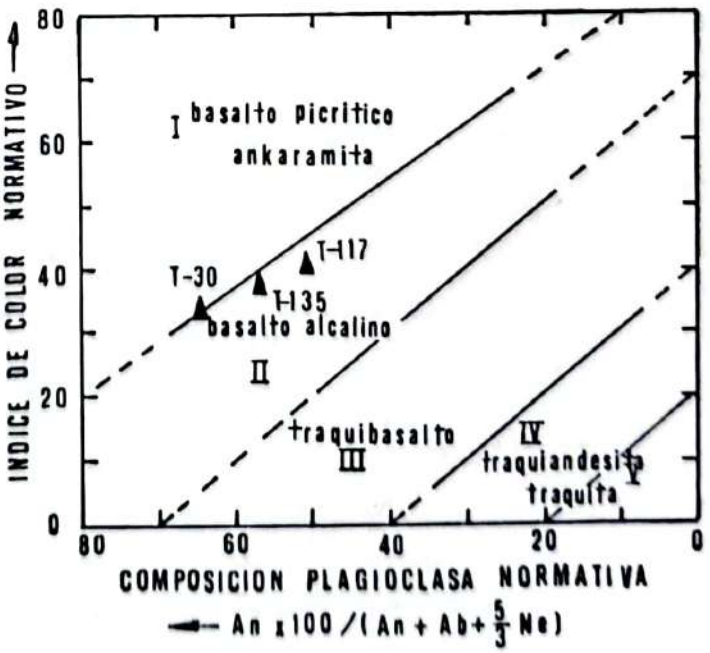


Fig. 6. — Plagioclasa normativa = (An. 100/An+Ab+5/3Ne) vs índice de color normativo = Ol + Opx + Cpx + Mt + Il + Hm. Mt = magnetita, Il = ilmenita, Hm = hematita. Extraído de Irving y Baragar (1971). Diabasas de Tandil (triángulos negros).

manera análoga a una clasificación mineralógica con porcentajes modales.

Para la clasificación normativa de las diabasas de Tandil, hemos utilizado el moderno y completo método de Irving y Baragar (1971), en el que mediante pasos consecutivos, en los cuales se vuelcan en diagramas ortogonales y triangulares porcentajes de minerales normativos, composición normativa de plagioclasas, índices de color normativos y complementando el cálculo gráfico con funciones discriminantes, se logra en última instancia la clasificación normativa de diferentes especies de rocas que integran las series volcánicas.

Los resultados obtenidos mediante el método de Irving y Baragar *(op. cit.)* se muestran en las figs. 4, 5 y 6, en las que aparecen representadas distintas combinaciones de los parámetros normativos de las rocas de Tandil. Podrá apreciarse que existe una filiación basáltica alcalina, cualquiera sea la combinación paramétrica utilizada.

b) Elementos minoritarios

El contenido de elementos minoritarios es de gran utilidad para determinar el parentesco y génesis de las rocas ígneas. Las leyes que rigen su distribución hace que la variación relativa de éstos sea mucho mayor que la variación de los elementos mayoritarios, por lo que el contenido de elementos minoritarios caracteriza con mayor exactitud el grado de evolución sufrido en el proceso ígneo. Como resultado de estas características, los diferentes niveles de abundancia entre distintos tipos de rocas resulta un criterio útil para reconocer la filiación original, especialmente cuando las mismas han sufrido efectos metamórficos que borran totalmente o parcialmente los caracteres mineralógicos originales. Un ejemplo claro en ese sentido es su uso como criterio de distinción entre ortoanfibolitas y para-anfibolitas (Dalla Salda y Rapela, 1972).

El cuadro III muestra el contenido de elementos minoritarios de las rocas de Tandil, y su promedio, comparado con el existente en diferentes rocas basálticas y en diferentes tipos de rocas ígneas. La inspección de los valores muestra una tendencia general de las rocas filonianas estudiadas de aproximarse a los valores promedio de las rocas basálticas, en particular los altos valores de Ni y Co característicos de las rocas básicas. Sin embargo, el nivel de abundancia de los elementos analizados se ineficaz por sí mismo para diferenciar entre distintos tipos de rocas basálticas como surge claramente de la comparación de los valores correspondientes a los basaltos alcalinos y los basaltos tholeíticos.

El campo donde los elementos minoritarios cobran mayor significación es, sin lugar a dudas, en la determinación de las tendencias evolutivas, interrelaciones y secuencias de diferenciación, fase de investigación que se llevará a cabo en una etapa de estudio posterior.

PETROLOGIA

a) Posibles efectos metamórficos sobre los diques

Los diques diabásicos de las sierras de Tandil, han sufrido a veces modificaciones de su mineralogía primitiva que ha afectado a las plagioclasas y a los piroxenos, originándose otras especies como anfíboles y cloritas. Es pertinente, entonces, considerar aunque brevemente el significado de estas modificaciones, para las cuales se pueden invocar en principio las siguientes causas: 1) metamorfismo; 2) autometamorfismo; 3) alteración hidrotermal; 4) meteorización. El problema del metamorfismo de diques y filones capas diabásicas fue encarado de manera general por Sutton y Watson (1951), quienes analizaron los efectos del metamorfismo laxfordiano sobre una serie de diques verticales doleríticos (diabásicos para la terminología no británica) intruidos en

el Precámbrico escocés. Los mencionados autores reconocieron seis estadios sucesivos caracterizados por: *a*) desarrollo de hornblenda secundaria en torno a los piroxenos, *b*) reemplazo de piroxeno por agregado de cuarzo y hornblenda, *c*) recristalización de plagioclasas con modificación parcial de la textura original, que en los dos casos anteriores no era afectada, *d*) recristalización de los agregados cuarzo-hornbléndicos y completa destrucción de la textura original, *e*) aparición de biotita, *f*) desarrollo de augita verde.

Con anterioridad a esta ordenación, también en Escocia, Wiseman (1934) había reconocido tres estadios, caracterizados por: i) clorita, hornblenda pálida, albita y epidoto; ii) desaparición de la clorita y neoformación, a partir de albita y epidoto, de oligoclasa-andesina; iii) iniciación del reemplazo de hornblenda por augita.

Puede apreciarse en base a la información de los distintos autores, que se está en presencia de dos conjuntos de efectos que corresponden a tendencias distintas del metamorfismo regional. Algunos de los estadios metamórficos caracterizados por Sutton y Watson (*op. cit.*) han sido reconocidos en otras regiones. Por ejemplo, en las islas Lofoten, Noruega, Misra y Grifin (1972), describieron diques diabásicos con evidencias texturales de desequilibrio e hidratación progresivas en rocas con textura sub-ofítica y que presentan recristalización de anfíbol según piroxeno. Estas diabasas aparecen en diques E-W, intruidas durante movimientos de corte e hidratación conexa que originó diabasas con coronas de reacción y finalmente anfibolitas propiamente dichas.

En la República Argentina, uno de los autores (Kilmurray, 1971), describió ortoanfibolitas derivadas de rocas diabásicas en la sierra de Maz (con granate neoformado y preservación de la textura original) con asociaciones mineralógicas compatibles con las correspondientes al estadio 2 de Wiseman (*op. cit*). El grado metamórfico alcanzado se halla dentro de las facies de anfibolitas epidóticas de Eskola o esquistos verdes de Turner y Verhoogen (1960).

Para el caso de los diques diabásicos de Tandil, es común encontrar el pasaje de piroxeno a hornblenda, con preservación de la textura original, por lo que se estaría en el estadio 1 de Sutton y Watson (*op. cit.*) y que incluso puede pasar al estadio 2 cuando el piroxeno está totalmente reemplazado por hornblenda. Pero si bien se advierte esta concordancia con relación a los piroxenos, las plagioclasas no se hallan nunca frescas y más bien parecen corresponder, aproximadamente, al estadio 1 de Wiseman (1934). La primera impresión es que las diabasas de Tandil, han combinado estos dos estadios del metamorfismo regional que en Escocia se dan en áreas distintas.

Con todo, esta interpretación es muy aventurada, pues antes que nada hay que recordar que los propios Sutton y Watson (*op. cit.*) aclaran que sus primeros estadios metamórficos pueden no ser realmente metamórficos; en efecto, no se puede ignorar o pasar por alto la acción similar del autometamorfismo y de las reacciones deutéricas, que pueden generar los mismos minerales a partir de los piroxenos y plagioclasas originales, incluso con sausuritización de las últimas (Whalstron, 1950).

En el terreno de otros probables agentes de transformación, no se puede desconocer la posibilidad de que hayan actuado soluciones hidrotermales, cuya circulación pudo haber sido canalizada por los sitios en que están emplazados los diques básicos. Por último, no se puede descartar completamente la participación de la meteorización, ya que si bien no ha influido en la transformación de las plagioclasas, tal vez coadyuvó en la cloritización de ciertas muestras.

De aceptarse que las modificaciones minerales de los diques diabásicos de

Tandil son de naturaleza metamórfica, debería concluirse que han sufrido transformaciones compatibles con la facies de Esquistos Verdes en la subfacies más baja (clorita) y aún en la de biotita. De ser cierto, se tendría una tendencia ya reconocida en otras áreas del metamorfismo regional que ha actuado con posterioridad al emplazamiento de los diques. Con todo, en nuestro caso estas transformaciones implicarían la introducción de agua en rocas ígneas inicialmente anhidras indispensable para las reacciones de hidratación. En un sistema poco permeable como el granítico, es muy difícil llegar a concebir que existan vías de acceso de fluidos para permitir una transformación de este tipo. Sin embargo, debe recordarse la creciente presencia en la región de bandas o intercalaciones de rocas de grano fino, fuertemente esquistosas con minerales de bajo rango, las cuales podrían formar los caminos de aporte de fluidos cuando se produce la fracturación y la posterior penetración de los cuerpos básicos los que en su recorrido ascendente recibirían cantidades variables de agua.

Creemos que, en general, el problema de las transformaciones minerales de los diques de diabasa está lejos de hallarse resuelto. En el caso de Tandil, se tiene una amplia gama de transformaciones, desde muestras perfectamente frescas a otras que están anfibolititzadas (al punto de ser llamadas ortoanfibolitas) o fuertemente anfibolitizadas y cloritizadas, con destrucción de las plagioclasas. La mala calidad de los afloramientos y la falta de cortes artificiales o naturales (de canteras, caminos, arroyos, etc.) que pongan al descubierto secciones de los diques impiden que se estudien las localizaciones de las transformaciones en los cuerpos diabásicos y su distribución regional. Pensamos que existió un metamorfismo de bajo rango que afectó a los diques, pero es muy posible que actuaran además acciones locales que contribuyeron a posteriores transformaciones.

b) Naturaleza del magma intrusivo

Tomando como fundamento de comparación el contenido de elementos mayoritarios se observa, ya sea en los diagramas composicionales simples de Kuno o en los diagramas triangulares de minerales normativos la tendencia de las muestras analizadas a aproximarse por su composición a los basaltos alcalinos.

A pesar de ello, mineralógicamente, las diabasas que tratamos son normales en composición, pues no se halló ningún mineral que pudiera corroborar su filiación alcalina, encontrándose incluso aunque raramente (T. 30), restos de intercrecimientos de cuarzo con feldespato. Sin embargo, cabe mencionar dos características especiales: 1) La composición de los clinopiroxenos, ricos en calcio (hasta 46 % en la molécula de Wo), característicos de la serie de basaltos alcalinos (Wilkinson, 1967); 2) La textura que en algunos casos (T. 117) tiende a hacerse trabecular, rasgo usual de las rocas básicas con feldespatoides (Teruggi, 1964). Para resolver en definitiva la verdadera ubicación petrológica de las diabasas de Tandil, que aparecen como representantes de basaltos alcalinos a pesar de la evidencia mineralógica negativa, se requieren trabajos geoquímicos detallados, con números estadísticos significativos de muestras que corroboren o rectifiquen las conclusiones halladas. Ese estudio debería ir acompañado, además, de una investigación minuciosa del papel que ha desempeñado el metamorfismo y la acción hidrotermal en la trasformación total o parcial que han sufrido las diabasas. Ese aspecto es de importancia, ya que si procesos posteriores de emplazamiento de los diques provocaron transformaciones aloquímicas significativas, las conclusiones basadas en el quimismo de las diabasas podrían conducir a resultados erróneos.

c) Edad de las intrusiones

Los fechados radimétricos anteriores (Stipanicic y Linares, 1969) y los nuevos datos obtenidos hasta el presente han demostrado un largo y poliepisódico comportamiento del denominado basamento de la región de Tandilia.

En un estudio reciente, Teruggi, Kilmurray y Dalla Salda (1973), fueron ordenadas las dataciones en relación con los episodios ígneo-metamórficos reconocidos por dichos autores. El primer grupo de dataciones indica con claridad la presencia de un primer gran evento metamórfico con migmatización que se ubica entre los 2200 y 1800 m.a.; el segundo episodio abarca el período comprendido entre los 1600 y 1550 m.a., representado por una actividad granítica. Un tercero, ubicado entre los 1200 y 1000 m.a., está caracterizado por rocas filonianas graníticas. Finalmente, no se descarta la posibilidad, que deberá comprobarse en el futuro, de la existencia de una fase final granítica cuya edad se aproxima a los 600 m.a.

De las basitas o metabasitas estudiadas en Tandilia existen dataciones que oscilan entre los 2200 y los 1800 m.a., aunque la mayoría de ellas corresponden a ortoanfibolitas atribuibles al primer gran ciclo metamórfico sufrido por el basamento. El único fechado disponible hasta el presente de las diabasas en estudio (T. 49) fue realizado por el método Ar/K (I) una edad de 1750 m.a. Esto indicaría que el ciclo intrusivo básico investigado tendría una edad menor que el primer episodio metamórfico regional del área.

d) Los diques diabásicos en el esquema del basamento de Tandilia

Según el esquema estructural de Tandil elaborado por los autores anteriormente citados, las intrusiones de diabasa se habrán producido con posterioridad a los principales eventos ígneo-metamórficos que afectaron la región en su evolución orogénica. El cuadro IV presenta el mismo esquema con algunas modificaciones.

Si la edad de 1750 m.a. de la única diabasa fechada hasta el presente es correcta y verdadera, estas intrusiones de Tandil tendrían una edad aproximadamente comparable a las intrusivas tholeiíticas de la Formación Roraima del Precámbrico de Guayania (de Loczy, 1972), Choudhury y Milner (1971), cuya edad es cercana a los 1700 m.a.

Por otro lado, las fases deformacionales y metamórficas F1, F2 y F3 son anteriores a las intrusivas y parece lógico ubicar la fase F2, caracterizada por el más alto grado de metamorfismo, en la proximidad de los 2.000 m.a. De ser así, se tendría otra correspondencia con la orogenia principal de Guayania (y también del basamento antiguo brasileño), llamada transamazónica o Episodio Akawaiano, ubicado alrededor de los 2000 m.a., pero extendiéndose hasta unos 1.800 m.a. por la intrusión de cuerpos graníticos en la porción meridional de dicho escudo (de Loczy, 1972).

El emplazamiento de los diques diabásicos de Tandilia se ha producido a lo largo de fracturas, esencialmente NW-SE y en menor proporción NE-SW, que deben haberse originado cuando el basamento ya había adquirido cierto grado de rigidez. No deja de parecer significativo que fracturas de similar orientación se encuentren en el basamento de Guayania, donde han sido atribuidas a movimientos epirogénicos posteriores a la consolidación. Cabe consignar que también existen en Guayania una orientación E-W, similar a la Fase F1 de Tandilia, la cual se considera una alineación primaria más antigua (de Loczy, *op. cit.*).

Aparte de los diques básicos de dimensiones apreciables que hemos tratado, existen otros afloramientos menores de rocas básicas, en buena parte transformadas en metabasitas (ortoanfibolitas). Algunas de ellas parecen corresponder a magmas básicos de gene-

CUADRO IV

Esquema estructural de Tandil (1)

Fase deformacional	Estructuras	Metamorfismo	Eventos ígneos
—	Sedimentarias (So) Inferida	—	Escasos derrames y/o intrusiones básicas
F1 : Plegamiento de tipo Nappe (Dominio A)	S1 (-So) ?	M1, esquistos verdes (grado biotita)	—
F2 : Plegamiento intenso (Dominio B)	S2, deformando S1	M2, esquistos verdes (grado almandino)	Migmatización
F3 : Plegamiento suave a intenso en sectores (Dominio C)	S3, deformondo S1 y S2	M3, esquistos verdes (grado clorita a biotita)	Granitoides y filonianas ácidas
Fracturaciones prediabasas	f1, f2 y f3		
			Intrusiones de diabasas (2)
F4 : Plegamiento suave, confinado	S4, deformación de diques de diabasas	M4, esquistos verdes (grado clorita)	Cuerpos granitoides menores
Reactivación de fracturaciones	f1, f2 y f3		

(1) Tomado de : *Los dominios tectónicos de la región de Tandil.* An. Soc. Cient. Arg., CXCV, *pág.* 92, 1973 (modificado por los autores).

(2) Según direcciones NE-SW y NW-SE.

ración más temprana (véase cuadro de esquema estructural), en tanto que otras podrían resultar más recientes y podrían caer en el Precámbrico alto o aún en el Fanerozoico. Un fenómeno similar está registrado en el basamento de Gua-

yania, donde las intrusivas de Roraima han sido seguidas de intrusiones de diques básicos menores que, según los sitios, corresponden al Ordovícico o al Mesozoico (Hawkes, 1966). Para el caso de Tandil, merece ser investigado la edad de los diques menores, en especial el citado por Quartino y Villar Fabre (*op. cit.*), que en la sierra de Barrientos intruye la Serie de la Tinta, cuya edad Paleozoica ha sido puesta en duda por Amos, J., Quartino, B. y Zardini, R. (1972), quienes se inclinan por suponerla precámbrica.

Sea como sea, las similitudes entre los basamentos de Tandilia y Guayania son muy notables por la coincidencia en las líneas generales, la geocronología e incluso en la intrusión de cuerpos graníticos con posterioridad a la intrusión de diabasas.

Estos aspectos serán motivo de un trabajo próximo, por lo que momentáneamente nos limitaremos a señalar que la intrusión de los diques diabásicos de Tandilia parece corresponder al período cratogénico más que al orogénico. Sin embargo, existen algunas dudas, pues con posterioridad a la intrusión diabásica tuvo lugar una deformación muy suave, que estuvo acompañada de un metamorfismo de bajo rango (facies de esquistos verdes, grado clorita). Presumiblemente, es este metamorfimo tardío el que afectó las diabasas y en muchos casos las llevó al estado de metabasitas. Con todo, no existe seguridad de que las transformaciones mineralógicas descriptas, como ya comentáramos sean producto de una acción metamórfica exclusivamente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. J. C. Merodio por la determinación de algunos elementos por absorción atómica y valiosas sugerencias analíticas.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Amos, A. J., Quartino, B. y Zardini, R., 1972. *El grupo de La Tinta (Prov. de Buenos Aires, Argentina), Paleozoico o Precámbrico.* Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, pp. 211-221.

Anderson, J. G. C., 1965. *The Precambrian of the British Isles*, en: The Geological System., v. 2, pp. 25-111. John Wiley & Sons.

Barth, T. y Reitan, P. H., 1963. *The Precambrian of Norway.* En: The Geological Systems., v. 1, pp. 27-80.

Cahen, L. y Lepersone, J., 1967. *The Precambrian of the Congo, Rwanda and Gurundi.* En: The Geological System, v. 3, pp. 143-290. John Wiley & Sons.

Choudhuri, A. y Milner, M. W., 1971. *Basic magmatism in Guiana and continental drift.* Nature Physical Science. 232, 33, pp. 154-155.

Dalla Salda, L. y Rapela, W., 1972. *El origen de las anfibolitas del Cerro Valdivia. Prov. de San Juan.* En prensa: An. VIs. Jorn. Geol. Arg. Córdoba.

de Loczy, L., 1972. *Consideracoes concernentes a contribucao tectonica do Escudo das Guianas com espcial referencia a Formacao Roraima.* An. Acad. Brasil. Cienc., 44 (1), pp. 77-93.

Eskola, P., 1963. *The Precambrian of Finland.* En: The Geological Systems, v. 1, pp. 145-263.

Flawn, P. T. y Muehlberger, W. R., 1970. *The Precambrian of the United States of America: South and Central United States.* The Geological Systems. V. 4, pp. 72-144.

Geijer, P., 1963. *The Precambrian of Sweden.* En: The Geological Systems. v. 1 pp. 81-143.

González Bonorino, F., Zardini, R., Figueroa, M., Limousin, T. A., 1956. *Estudio geológico de las Sierras de Olavarría y Azul.* LEMIT, Serie II, Nº 63, pp. 1-22.

Hawkes, D. D., 1966. *The petrology of the Guiana dolerites.* Geol. Mag. V. 103, pp. 320-335.

Hess, H. H. y Poldervaart, A., 1967. *Basalts. The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition.* V. 1. John Wiley & Sons.

Irving, T. N. y Baragar, W. R. A., 1971. *A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks.* Canadian Journal of Earth Sci., v. 8, 5.

Kilmurray, J. O., 1971. *Las ortoanfibolitas de la Sierra de Maz. Provincia de La Rioja.* Rev. Museo de La Plata. VII, nº 55, pp. 5-75.

Kuno, H., 1968. *Differentiation of basalt magmas.* En Hess & Poldervaart (1968), v. 2.

Manson, V., 1967. *Geochemistry of basaltic rocks: major elements.* En Hess & Poldervaart (1967), v. 1.

Misra, S. y Griffin, W. L., 1972. *Geochemistry and metamorphism of dolerite dikes from Austvagoy in Lofoten.* Norsk Geologisk Tidsskrift, v. 52, pp. 409-425.

Pichamuthu, C. S., 1967. *The Precambrian of India.* En: The Geological System. V. 3. pp. 1-96.

Prinz, M., 1967. *Geochemistry of basaltic rocks: Trace elements.* En Hess & Poldervaart (1967), v. 1.

Quartino, B. y Villar Fabre, J. F., 1967. *Geologia y Petrologia del Basamento de Tandil y Barker, Prov. de Buenos Aires, a la luz del estudio de localidades criticas.* Rev. Asoc. Geol. Arg. XXII, 3, pp. 223-251.

Rapela, W., 1972. *Estudios petrológicos y geoquimicos de las intrusiones graniticas al S.E. de la Sierra de Amblayo.* Informe Inédito. CONICET.

Shaw, D. M., 1969. *Evolution of dats.* En: Wedephol (1969).

Stipanicic, P. N. y Linares, E. L., 1969. *Edades radimétricas determinadas para la República Argentina y su significado geológico.* Bol. Acad. Nac. Cienc. XLVII-1. Córdoba.

Sutton, J. y Watson, J., 1951. *Varying trends in the metamorphism of dolerites.* Geol. Mag. LXXXVIII, 1. pp. 25-35.

Taylor, S. R., 1965. *The application of trace elements data to problems in petrology.* En: Physics and Chemistry of the Earth. v. VI. Pergamon Press.

Teruggi, M. E., 1951. *Contribución al conocimiento de la Petrología del partido de Tandil, El Cerro Noceti, Prov. de Buenos Aires.* Rev. Museo Arg. Cs. Nat. Bernardino Rivadavia. Geol. III, 1.

Teruggi, M. E., 1964. *Differentiated zeolite and nepheline syenites in basic sills of Central Patagonia.* XXII International Geological Congress. India.

Teruggi, M. E., Kilmurray, J. O. y Dalla Salda, L., 1973. *Los dominios tectónicos de la región de Tandil.* An. Soc. Cient. Arg. t. CXCV, pp. 81-94.

Turner, F. y Verhoogen, J., 1960. *Igneous and metamorphic petrology.* Mc Graw Hill.

Tröger, W. E., 1959. *Optissce Bestimmung der Gesteinsbildenden Minerale.* Teil 1. Stuttgart.

Villar Fabre, J. F., 1954. *Resumen geológico de la hoja 32q. Sierras del Tandil.* Rev. Asoc. Geol. Arg. IX, pp. 109-130.

Walker, F. y Poldervaart, A., 1949. *Karroo dolerites of the Union of South Africa.* Geol. Soc. Am. Bull., 60, pp. 591-706.

Wager, L. R., 1960. *The major element variation of the layered series of the Skaegaard intrusion and a re-estimation of the average composition of the hidden layered series and the succesive residued magmas.* J. of Petrol. 1. pp. 364-398.

Wahlstrom, E. E., 1950. *Introduction to theoretical igneous petrology.* John Wiley & Sons.

Wilkinson, S. F., 1967. *The petrography of basaltic rocks.* En: Hess y Poldervaart (1967) (Ed.) v. 1.

Wilson, M. E., 1965. *The Precambrian of Canada: The Canadian shield.* En: The Geological Systems. v. 2. pp. 263-415.

Wiseman, J. D. D., 1934. *The Central and south west highlands epidiorites.* Q. J. Geol. Soc., 90, 354-416.

Recibido el 21 de agosto de 1973.

BIBLIOTECA
"Florentino Ameghino"

Pub. - FCNyM
PROCESADO
Id: 000678