

CESAR F. CORTELEZZI Y VERONICA GOMEZ

---



# LOS BASALTOS THOLEITICOS DE LA PERFORACION NOGOYA

(PROV. DE ENTRE RIOS)

APLICACION DE METODOS QUIMICOS PARA DETERMINACION FeO  
EN MINERALES Y ROCAS

---

De ACTA GEOLÓGICA LILLOANA, tomo VI, páginas 87-98  
(Tomo II de las SEGUNDAS JOERNADAS GEOLÓGICAS ARGENTINAS)

---

TUCUMAN  
REPÚBLICA ARGENTINA

---

1965

# LOS BASALTOS THOLEITICOS DE LA PERFORACION NOGOYA

(PROV. DE ENTRE RIOS)

APLICACION DE METODOS QUIMICOS PARA DETERMINACION FeO  
EN MINERALES Y ROCAS

Por CESAR F. CORTELEZZI y VERONICA GOMEZ

---

## SUMMARY

**Tholeiitic Basalts of the Nogoyá Perforation (Entre Ríos) and the Application of Chemical Methods for the Determination of FeO Minerals and Rocks.** — The petrographical characters and mineral composition of tholeiitic basalts from the subsoil of Nogoyá (Entre Ríos) are studied in this work. Rocks from depths oscillating from 746 to 2.054 m, are of uniform texture predominating those of the intergranular, subophitic and ophitic types, with indefinite passing from one to the other. There are plagioclasas (57 and 62 % Au) in the phenocrysts as well as in the microlites of the ground mass; the other minerals are clinopyroxenes (augite) and in few cases, olivine.

Completing the information, there are also some chemical analysis.

En el año 1962, Yacimientos Petrolíferos Fiscales realizó una perforación en Nogoyá, Entre Ríos, en la cual se encontraron, a los 748 m de profundidad (hasta los 2.054 m), rocas basálticas homologables a las que en otros lugares de la Mesopotamia afloran en la superficie, y se continúan. Las distintas coladas de rocas basálticas se intercalan con capas de diferentes espesores de areniscas triásicas de color rojizo. Por encima de los 746 m se encuentran cubiertas por sedimentos terciarios.

El estudio petrológico de los distintos niveles de rocas basálticas se realizó con el fin de comparar estas muestras profundas con las ya descritas en superficie y resumidas por Teruggi en 1955, tratando de establecer una evolución de esta provincia petrográ-

fica, que realmente y en profundidad, es una de las más potentes que se conocen en el mundo.

El estudio se realizó en base a testigos de la perforación.

Las muestras estudiadas corresponden a las siguientes profundidades, indicándose los caracteres megascópicos de las mismas.

Muestra n<sup>o</sup> 1. 748-749 m. Techo. Roca compacta, grano medio a fino, color rojizo, con pequeñas amígdalas o cavidades parcialmente rellenas por calcita y zeolitas.

Muestra n<sup>o</sup> 2. 772-777 m. Techo. Roca de estructura alveolar, grano fino, estructura afanítica, color gris oscuro; los alvéolos poseen un tamaño medio de 3 mm de diámetro. Gran parte de ellos se encuentran rellenos por zeolitas, cloritas y algo de calcedonia.

Muestra n<sup>o</sup> 3. 772-774 m. Medio. Roca de grano fino, color rojizo, estructura alveolar típica, muy pocos alvéolos rellenos en el fondo de sus cavidades por cloritas. Tamaño medio de los mismos, 5 mm; en general bien redondeados.

Muestra n<sup>o</sup> 4. 772-774. Fondo. Estructura afanítica de grano fino, color pardo oscuro a verdoso; en partes se observa arrastre de la arenisca rojiza, entre la cual se intercala la colada. En parte posee alvéolos grandes, de forma irregular, que alcanzan un tamaño medio de 10 mm.

Muestra n<sup>o</sup> 5. 866-870 m. Techo. Roca de grano fino, estructura alveolar con alvéolos irregulares de 5 mm de diámetro; color pardo rojizo.

Muestra n<sup>o</sup> 6. 866-870 m. Medio. Semejante a la muestra anterior, pero con mayor número de alvéolos, los que están rellenos por calcedonia y zeolitas.

Muestra n<sup>o</sup> 7. 866-870 m. Medio. Megascópicamente, esta roca no presenta diferencias con la muestra anterior.

Muestra n<sup>o</sup> 8. 866-870 m. Fondo. El grano de la roca es más grueso, los alvéolos más abundantes y rellenos por cloritas.

Muestra n<sup>o</sup> 9. 1.081 - 1.083 m. Techo. Roca compacta, de grano medio, pocos alvéolos, de formas irregulares y tamaño no mayor de 5 mm, rellenos en su mayor parte por calcita.

Muestra n<sup>o</sup> 10. 1.081 - 1.083 m. Fondo. Roca similar a la muestra anterior, de grano más fino, color rojizo.

- Muestra n° 11. 1.097 - 1.099,50 m. Medio. El grano de esta roca es muy homogéneo, de tamaño medio; compacta, color gris oscuro, sin alvéolos.
- Muestra n° 12. 1.161 - 1.165 m. Fondo. El grano de esta roca es mediano a fino, color pardo rojizo; presenta pocos alvéolos, rellenos por calcita y calcedonia.
- Muestra n° 13. 1.161 - 1.165 m. Techo. El grano es fino, homogéneo; color pardo rojizo. Los alvéolos son abundantes y más pequeños que en las muestras anteriores. Rellenos sólo por zeolitas.
- Muestra n° 14. 1.192 - 1.193 m. Fondo. Grano fino a mediano, color pardo verdoso debido a la abundante alteración en cloritas. Los alvéolos son escasos.
- Muestra n° 15. 1.331,80 - 1.333 m. Fondo. Roca compacta, densa, de grano medio a fino. Sin alvéolos y sin alteración visible de los minerales.
- Muestra n° 16. 1.943 - 1.944 m. Techo. Roca de estructura fanerítica, de grano medio, compacta, sin alvéolos, color pardo oscuro.
- Muestra n° 17. 1.943 - 1.944 m. Fondo. Posee las mismas características que la muestra anterior.
- Muestra n° 18. 2.050 - 2.052,50 m. Fondo. La roca es similar a la anterior, pero es poco compacta, disgregándose fácilmente.
- Muestra n° 19. 2.052,70 - 2.054,10 m. Fondo. Estructura fanerítica de grano medio a grueso; compacta, sin alvéolos, color pardo oscuro, no observándose alteración de los componentes minerales.

#### CARACTERES PETROGRÁFICOS

Las estructuras, tamaño de grano y color de las rocas estudiadas han sido consignadas más arriba; comparando estos caracteres con los descriptos por Teruggi, se aprecia que no existen diferencias considerables. En general la estructura es uniforme y sólo en las cuatro últimas muestras se nota una diferencia marcada en el tamaño del grano y densidad de las rocas, mayor que la de las muestras anteriores. Las texturas son también uniformes, predominando las de tipo intergranular fina a media, luego las texturas de tipo subofítico y finalmente la textura ofítica. Es difícil establecer

diferencias entre ellas, ya que en las distintas rocas estudiadas el pasaje de una textura a otra no es definido, y en algunos casos, por el desarrollo de los individuos de plagioclasa, tienen una tendencia porfírica que es excepcional. Sólo he observado una muestra con textura hialo-ofítica compuesta por cristales de plagioclasa y piroxeno en una base vítrea muy oscura por el abundante óxido de hierro que posee.

Podemos consignar que en muy pocos casos hemos observado vidrio volcánico en nuestras rocas; en todos los casos, a excepción de la muestra n<sup>o</sup> 4, con textura hialopilitica, éste se halla desvitrificado con microlitos de plagioclasa. Por lo común, el vidrio se altera en una clorita pardo verdosa y en otros casos sin clorofeíta.

#### COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

La composición mineralógica de las rocas estudiadas no difiere mayormente en superficie de las muestras descritas por otros autores y representan una característica paragénesis de basaltos tholeiíticos. En el cuadro adjunto se puede observar la composición de las plagioclasas, tanto en los cristales mayores tendientes a feno-cristales, como en los microlitos de la pasta. Se puede ver que en general dichos valores oscilan entre 57 y 62 % An. Excepcionalmente alcanzan, en la muestra n<sup>o</sup> 7, el valor de 70 % An. Las determinaciones se hicieron según el método de Fedorov y el recipiente de Slemmons. Se pudo comprobar que las maclas más comunes presentadas en nuestras rocas corresponden a Carlsbad, albita-Carlsbad, albita-ala y muy excepcionalmente Manebach o albita. En la casi totalidad de las muestras los cristales se encuentran muy frescos, tablas con bordes carcomidos y poco agrietados. Sólo en la muestra n<sup>o</sup> 18 la alteración en sericita es evidente y siempre a lo largo de las grietas; la presencia de cristales zonados es excepcional, y cuando ello ocurre, las zonas no son nítidas, no pudiendo en tal caso determinarse la composición de las distintas áreas de la misma.

Sólo se ha comprobado la presencia de clinopiroxenos dentro de nuestras rocas, cuyos cristales son de tamaño muy variado a lo largo del perfil estudiado; puede decirse que en las quince primeras muestras corresponden a gránulos redondeados muy pequeños, de difícil determinación, dispuestos entre tablillas de plagio-

TABLA I

Nº de muestra	Textura	Composición media de plagioclasa	Piroxeno
1.....	Intergranular	Labradorita 56 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 46
2.....	Vitrofirica-amigdalóide	Labradorita 57 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 44
3.....	Intergranular-porfírica	Labradorita 57 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 44
4.....	Hialofítica-amigdalóide	Labradorita 65 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 43
5.....	Intergranular-subofítica	Labradorita 60 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 55
6.....	Intergranular	Labradorita 58 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 50
7.....	Porfírica	Lab-Bit 70 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 50
8.....	Subofítica-intergranular	Labradorita 60 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 47
9.....	Intergranular-subofítica	Labradorita 62 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 44
10.....	Porfírica	Labradorita 62 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 50
11.....	Intergranular	Labradorita 62 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 54
12.....	Intergranular-amigdalóide	Labradorita 60 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 57
13.....	Porfírica-amigdalóide	Labradorita 60 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 52
14.....	Intergranular	Labradorita 52 % An	Augita 2V <sub>z</sub> 50
15.....	Intergranular-porfírica; amigdalóide	Labradorita 58 % An	Pigeonita 35% Fe
16.....	Intergranular-subofítica	Labradorita 56 % An	Pigeonita 35% Fe
17.....	Subofítica-ofítica	Labradorita 56 % An	Pigeonita 35% Fe
18.....	Ofítica	Labradorita 60 % An	Pigeonita 38% Fe
19.....	Ofítica	Labradorita 53 % An	Pigeonita 35% Fe

clases, a cristales mejor desarrollados pero que no alcanzan a constituir fenocristales. En las cuatro últimas muestras el desarrollo es mayor, dando lugar, junto con la plagioclasa, a la textura ofítica de la roca. A excepción de la muestra 18, en que se encuentran los cristales alterados en los bordes y fuertemente agrietados, los piroxenos se presentan frescos, de color verde pálido a incoloros, en casi todos los casos maclados, lo cual permitió emplear el método

de Turner Nemoto para su determinación. Se pudo comprobar que no siempre los valores del ángulo  $\gamma : c$  coinciden con los tabulados para el 2V y por lo tanto, hemos seguido este valor y el del I.R. para la determinación de las especies. En general, los piroxenos corresponden a augita con un valor 2V de 44 a 57 grados. Las últimas muestras, a partir de la n<sup>o</sup> 15, dan valores correspondientes a pigeonitas que oscilan entre 35-38 % de Fe. Las diferencias con los cristales menores en cada roca son mínimas y sólo pudieron confirmarse por I.R. ya que las mediciones con platina universal resultan dificultosas. La presencia de olivinas puede confirmarse sólo en las muestras 16 y 17; en ambos casos se observan cristales subhedrales agrietados y alterados en antigorita, pero que en la parte central de los mismos conservaban restos sin alterar en los cuales se pudo determinar el ángulo 2V correspondiente al crisolito 12 % Fe. En las otras muestras no se pudo determinar olivina, pero se ha observado una pseudomorfosis de serpentina tipo antigorita, y en menor proporción, clorita según cristales de forma típica de olivinas. Además, a lo largo de las grietas y bordes quedan como remanentes de la alteración, gránulos de Fe. Llama la atención la casi excepcional presencia de "idingsita". Los minerales de Fe constituyen en casi todas las muestras, un reducido porcentaje, menos del 10 %; son de color pardo rojizo, tiñen de ese color la superficie de la roca y se insinúan entre las grietas de la misma.

Como accesorios se han observado cristales de apatita y en las muestras 17 a 19, cuarzo, que no alcanza a un 5 %. Este último se presenta en granos redondeados y en una asociación mirmequítica que rellena las cavidades de las rocas. Esta asociación fue observada ya en algunas muestras descriptas por Walter, pero no se mencionan entre las muestras estudiadas por Teruggi. Dentro de los basaltos tholeiíticos es posible la presencia de feldespato potásico y cuarzo relleno las cavidades, como producto de cristalización de líquidos residuales (Kennedy, 1933).

Además de las mencionadas cloritas (por alteración de la olivina y piroxenos) se observan relleno las cavidades alveolares, otros minerales secundarios, como zeolitas, cloritas del tipo penina y clorofeita.

## ANÁLISIS QUÍMICO

Para los análisis químicos se eligieron muestras que petrográficamente presentaran caracteres distintos y que al mismo tiempo pertenecieran a diferentes profundidades, con el objeto de observar las variaciones que pudieran aparecer a lo largo de la perforación. Los datos figuran en la tabla II y los análisis se realizaron en la Sección Química Analítica General del LEMIT, a excepción de la determinación de FeO, para la cual se siguió el método de D. Wilson, cuyo fundamento y alcances se detallan más adelante.

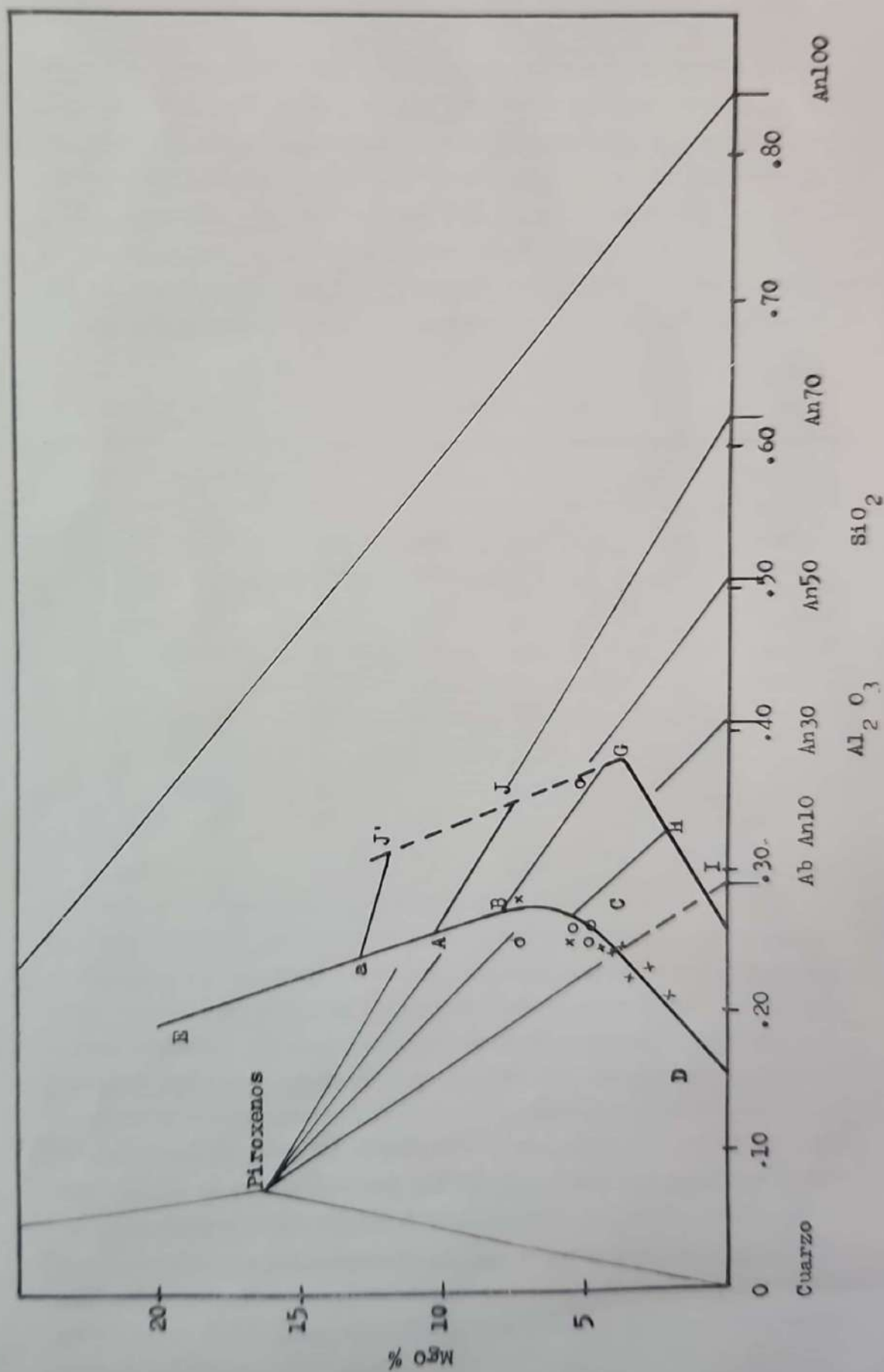
TABLA II

Nº de muestra	2	10	11	13	19
SiO <sub>2</sub> .....	48,0	44,6	49,0	48,1	51,5
AlO <sub>3</sub> .....	12,3	16,1	13,0	12,1	13,8
FeO <sub>3</sub> .....	8,0	10,7	5,5	7,5	4,1
FeO .....	5,3	1,3	8,3	4,5	8,5
MnO .....	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2
MgO .....	5,7	5,3	6,4	7,4	4,7
CaO .....	10,0	9,2	9,7	10,3	10,8
Na <sub>2</sub> O .....	3,3	3,9	2,8	3,5	3,7
K <sub>2</sub> O .....	1,2	1,1	1,2	1,2	0,9
TiO .....	1,7	1,9	1,7	2,2	1,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,5	0,3	0,3	0,2	0,5
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> .....	4,7	5,3	1,6	3,2	1,2
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> .....	3,0	3,1	1,4	2,1	1,0

Como puede apreciarse, los valores de SiO<sub>2</sub> son menores que los consignados para las muestras de Misiones y también para aquellas que figuran en Turner y Verhoogen (1960); se aproximan más a los valores de magmas de basaltos olivínicos. La relación MgO/CaO es mayor que las establecidas por Kennedy para los basaltos tholeiíticos típicos. Del mismo modo, el K<sub>2</sub>O se encuentra en proporción mucho más reducida que el Na<sub>2</sub>O. En general, las muestras poseen un bajo contenido de FeO y especialmente la n<sup>o</sup> 10, que se desvía por todas sus características, de las otras muestras.

Se ha confeccionado un diagrama de variación según Larsen, en el cual se pueden observar las curvas correspondientes a los distintos óxidos. En el mismo se aprecia la irregularidad de la curva

DIAGRAMA 1



Cuarzo : o, Rocas de Nogoyá; x, Rocas de Misiones (Teruggi, 1955)

OFe. En general, en las muestras con mayor contenido de MgO, la disminución del OFe es bien marcada. El diagrama 1 se ha confeccionado de acuerdo a lo propuesto por Murata (1956), en una tentativa de representar las variaciones de los magmas tholeiíticos y

DIAGRAMA 2

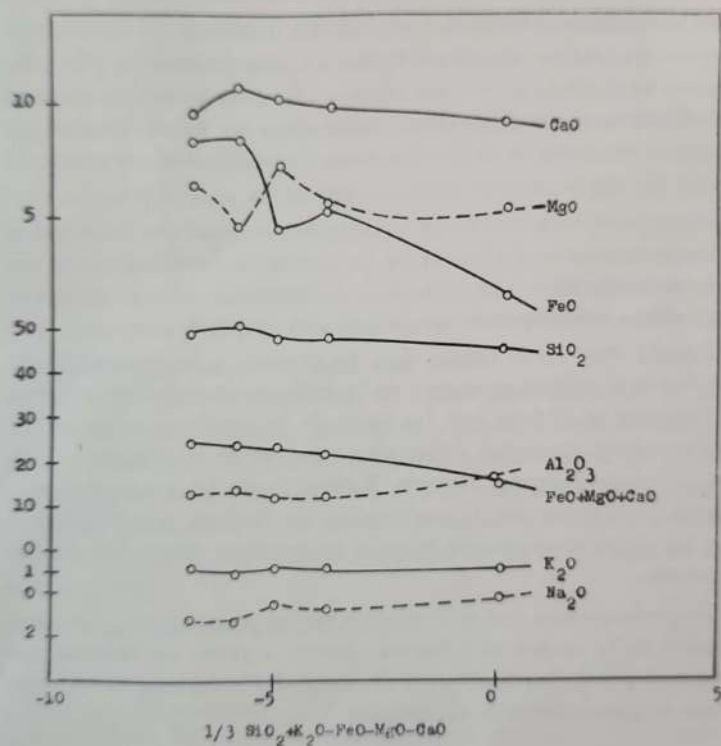


Diagrama de variación de las rocas basálticas de la perforación Nogoyá (Entre Ríos)

alcalinos, basada en la relación  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  y  $\text{MgO}$ . Puede apreciarse que las muestras que realizamos y las compiladas por Terruggi caen dentro o muy próximas a la curva E-a-A-B-C-D, que para Murata corresponde a la serie de basaltos tholeiíticos. Sólo la muestra 10 se aleja de dicha curva y se aproxima a la curva F-J-G-H-I-J, que incluiría la serie de magmas alcalinos.

Murata deduce de esta construcción, y en base al contenido de clinopiroxeno, las diferencias entre las dos series, especialmente en la presencia de fenocristales de este mineral. Esto último constituiría el índice de transición hacia los basaltos alcalinos, los cuales carecerían de fenocristales. En nuestro caso, la muestra 3 corresponde a lo postulado por este autor, ya que sólo se observan en la pasta granulaciones muy pequeñas de piroxeno.

Yoder y Tilley (1962) no aceptan las conclusiones de Murata respecto a establecer un origen de los magmas alcalinos a partir de magmas tholeiíticos por cristalización fraccionada de clinopiroxenos. En la serie de muestras que estudiamos no hemos encontrado rocas con fenocristales de piroxenos tan desarrollados que permitan pensar en una transición entre ambas series.

Como puede apreciarse, es notable la similitud de las rocas a lo largo de toda la perforación y las variaciones mineralógicas son casi imperceptibles. Las rocas más profundas poseen pigeonita y una textura mirmequítica, como material residual, compuesta por feldespatos potásico y cuarzo que, de acuerdo a lo ya establecido por distintos autores es normal en la serie basaltos tholeiíticos. Por lo expuesto se deduce que las rocas de la provincia petrográfica de Paraná no presentan diferencias netas desde la superficie (Teruggi, Sesana-Quartino, Hausen, Walter) hasta las zonas más profundas alcanzadas por la perforación en Nogoyá, a 2.054,10 m y que las diferenciaciones de la serie no aparecen dentro de nuestro territorio.

En perforaciones que se realicen a mayor profundidad y en otros lugares de la cuenca del Paraná, deberá seguirse cuidadosamente la petrología de los basaltos a fin de poder establecer si en otras zonas se presentan tales variaciones.

#### DETERMINACIÓN DE $^2\text{FeO}$ (MÉT. DE WILSON)

La importancia de la determinación cuantitativa de hierro  $\text{Fe}^{+2}$  en rocas silíceas y minerales y la relativa complejidad de los métodos existentes que exigen la presencia de una atmósfera inerte para prevenir la oxidación de  $\text{Fe}^{+2}$  y  $\text{Fe}^{+3}$  en el ataque  $\text{HF}\cdot\text{H}_2\text{SO}_4$  en caliente, nos llevó a estudiar el método expuesto por A. D. Wilson, ya que supera dichas dificultades permitiendo un trabajo rá-

pido que requiere sólo las precauciones inherentes a cualquier determinación cuantitativa.

La muestra a analizar (tamiz 80 ó 100) se trata en frío con HF 40 %, en presencia de una cantidad exactamente conocida de  $\text{VO}_3\text{NH}_4$  sólido; el ataque se realiza en vaso de polietileno o cápsula de platino. Una vez efectuada la descomposición se trata con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y solución saturada de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (previene el ataque del vidrio por el FH presente) pasándolo a vaso de precipitación, valorando luego el exceso de  $\text{V}^{+5}$  con solución de sulfato amónico-ferroso de conc. conocida ( $\text{N}/_{30}$ , valorada con  $\text{MnO}_4\text{K}$ ) y en presencia de la sal de Ba del ácido difenil amin sulfónico como indicador. El agregado de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  1 : 1 hace más claro el punto de viraje.

El método se basa en la reducción del  $\text{V}^{+5}$  del  $\text{VO}_3\text{NH}_4$  por el  $\text{Fe}^{+2}$  y la valoración del exceso de  $\text{V}^{+5}$  por la reducción del mismo con la sal de Mohr. Aunque ésta no es patrón primario, sus soluciones en medio ligeramente ácido ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  5:95) mantienen el título por largo tiempo y son fácilmente controlables con  $\text{MnO}_4\text{K}$ .

El método se probó en sales con contenido de  $\text{Fe}^{+2}$  conocido, obteniéndose buenos resultados. Se aplicó posteriormente el análisis de basaltos olivínicos, tholeiíticos y granates, estos últimos del cerro de Balcarce, lográndose resultados concordantes. Se observó que en las muestras con contenido de FeO superior al de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , el ataque se había completado al cabo 24 horas; en cambio aquellas en que la relación era inversa requerían de 48 a 72 horas de tratamiento FH.

Los resultados obtenidos fueron:

B. olivínicos	B. tholeiíticos	granates
9,91 %	5,34 %	23,59 %
7,79 %	8,49 %	
9,48 %	1,27 %	
9,97 %	8,27 %	
10,05 %	4,47 %	
2,05 %		
2,54 %		



## BIBLIOGRAFIA

1. DE ALBA, E., 1853. Geología del Alto Paraná, en relación con los trabajos de derrocamiento entre Iguazú y Posadas. — *Rev. Asoc. geol. argent.* 8, 3: 129-161.
2. HAUSEN, J., 1919. Contribución al estudio de la petrografía del territorio nacional de Misiones. — *An. Min. Agric. Nac., Geol., Ser. B*, 21.
3. KENNEDY, W. Q., 1933. Trends of differentiation in basaltic magmas. — *Amer. J. Sci.*, 25 : 239-256.
4. MURATA, K. J., 1956. A new method of plotting chemical analyses of basaltic rocks. — *Amer. J. Sci.* 258 A : 247-252.
5. NEMOTO, T., 1938. A new method of determining extinction angles of monoclinic minerals, especially of pyroxenes and amphiboles by means of random sections. — *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ.* 4, IV: 108-112.
6. SLEMMONS, D. B., 1962. Determinations of volcanic and plutonic plagioclases using a three or four axis universal stage. — *Geo. Soc. Amer. Sp.*, Paper 69.
7. TERUGGI, M. E., 1955. Los basaltos tholeiíticos de Misiones. — *Fac. Sci. nat. Mus. Notas XVIII*, 70 : 259-278.
8. TRÖGER, W. E., 1956. *Optische Bestimmung der Gesteinsbildenden Minerale. Teil I.* — 2e Auf. Stuttgart.
9. TURNER, J. F., 1942. Determination of extinction angles in monoclinic pyroxenes and amphiboles. — *Amer. J. Sci.* 240, 8 : 571-583.
10. TURNER, F. J. and VERHOOGEN, J., 1940. *Igneous and metamorphic petrology.* — 2nd. ed. Mac Graw Hill.
11. WALTER, K., 1927. Contribución al conocimiento de las rocas "basálticas" de la formación Gondwana en América del Sud. — *Bol. Inst. Geol. Montevideo*, 9 : 1-41.
12. WILSON, A. D., 1955. A new method for the determination of ferrous iron in rocks and minerals. — *Bull. geol. Soc. G. Britain* 9 : 56.
13. — 1960. The micro-determination of ferrous iron in silicate minerals by a volumetric and colorimetric method. — *The Anal. Nov.*
14. YODER, H. S. and TILLEY, C. E., 1962. Origin of the basalt magmas. An experimental study of natural and synthetic rocks systems. — *J. Petrol.* 3, 3 : 342-532.

Pub. - 10. 1965  
 PROCESADO  
 Id. 004129