



MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BASICA
REPUBLICA DE CUBA

REVISTA TECNOLOGICA

ENERO - MARZO

ISSN-0864-1897

Vol. XIX, No. 1, 1989 Precio: Dos pesos

SUMARIO

SUMMARY

Geología

Geology

Estratigrafía del subsuelo de la Cuenca Vegas

Stratigraphy of the subsoil in The Vegas basin
Ing. Rolando García, CDr., Lic. Gena Fernández

3

Los métodos geoquímicos en la búsqueda de talco en el macizo metamórfico del Escambray

Geochemical methods for talc prospection in the Escambray metamorphic massif

Ing. Ricardo A. Valls, CDr., Ing. Fidel Núñez

9

Análisis formacional de la cuenca central de Cuba

Formational analysis of the central basin of Cuba
Lic. Ernesto Milián García, CDr.

16

Anfiboles, biotitas y plagioclasas de los granitoides de Manicaragua y su papel como indicadores genéticos

Amphiboles, biotites and plagioclases of the Manicaragua granitoids and their role as genetical indicators

Ing. Sukar Kustrini, Ing. Mireya Pérez, Ing. Teresa Soto

25

Química

Chemistry

Método de limpieza para las ventanillas de los vagones de ferrocarril

Cleaning method for railway cars windows

Ing. Nadia Polianskaia, Ing. Sonia Cruz, Ing. Tania Ochoa

39

Coquificación de los residuos de un petróleo pesado cubano

Coking of Cuban heavy crude residues

Ing. Juan G. Pérez, CDr., Ing. Luis Martínez, Ing. Beatriz Pérez, Lic. Onelia Suárez

43

La operación de clasificación en la industria de celulosa y papel

Classification operation in the paper and cellulose industry

Ing. Elisa M. Tápanes Bello

47

Minería

Mining

Incremento de la producción en la fábrica «Cmdte. Pedro Sotó Alba» de Moa, por medio del aprovechamiento integral del mineral de alimentación

Production increase in the «Cmdte. Pedro Sotó Alba» Moa nickel plant through overall recovery of metals contained in the ore feed

Ing. Miguel Cisneros, Ing. Claudio Gándara

52

Electroenergética

Electroenergetic

Evaluación del nivel de aislamiento e intensidad de contaminación en la futura línea de 500 kV, CEN Juraguá-Vicente

Assessment of the insulation and contamination levels for the future 500 kV overhead line Juraguá-Vicente

Ing. Ramón González Guevara

57

5. MILIÁN, E. Y OTROS, 1987: *Análisis, generalización y evaluación de las posibilidades gasopetrolíferas de la Cuenca Central y elaboración de recomendaciones sobre los trabajos de prospección geológica*. Informe, 37 pp., Archivo Técnico, CIDP.
6. MILIÁN, E. Y OTROS, 1987: *Caracterización de las facies, colectores y sellos y su distribución areal para los depósitos Cretácico-Paleógeno de la Cuenca Central de Cuba*. Informe, 215 pp., Archivo Técnico, CIDP.
7. MILIÁN, E., 1987: *Formaciones gasopetrolíferas de los depósitos meso-cenozoicos de la Cuenca Central de Cuba y la valoración de sus perspectivas gasopetrolíferas*. Tesis de Grado a Candidato a Doctor, Instituto del Petróleo y el Gas, I. M. Gubkin, Moscú., 130 pp.
8. PARAMONOV, V. Y OTROS, 1980: *Informe sobre los resultados de los trabajos de prospección sísmica en la Cuenca Central*. Archivo Técnico, CIDP.
9. SEGURA, R. Y OTROS, 1986: *La extinción de la actividad del arco volcánico del Cretácico en la Cuenca Central de Cuba*. Revista Tecnológica (en prensa).
10. SNIEGUITROVA, O. V. Y OTROS, 1975: *Regularidades de la variación de facies y espesores, colectores y sellos de los sedimentos meso-cenozoicos del territorio de Cuba y su plataforma*. Archivo Técnico, CIDP.

CDU 622.36:54.061

ANFIBOLES, BIOTITAS Y PLAGIOCLASAS DE LOS GRANITOIDES DE MANICARAGUA Y SU PAPEL COMO INDICADORES GENETICOS

Ing. Sukar Kustrini*

Ing. Mireya Pérez*

Ing. Teresa Soto*

RESUMEN

Se estudiaron las particularidades químicas de las hornblendas, biotitas y plagioclasas, con vistas a esclarecer los aspectos genéticos de los granitoides de Manicaragua. De acuerdo con diferentes diagramas se estableció el carácter hipabisal de los granitoides considerados, y además, se demostró que los mismos han sido formados en condiciones de baja presión y alta temperatura, coincidiendo así con las condiciones de los arcos volcánicos.

INTRODUCCION

En el presente trabajo se estudiaron diferentes minerales integrantes de los granitoides de Manicaragua, con vistas a esclarecer los aspectos petrológicos de los mismos. Cabe destacar que las horn-

blendas y biotitas constituyen los minerales máficos muy típicos para las rocas intrusivas de composición media-ácida, cuyas composiciones químicas reflejan las condiciones de cristalización y composición del magma inicial; por lo que el estudio de los minerales referidos ha sido muy aplicado en la petrología de las rocas intrusivas (Marakushev y Tararin, 1965; Moxham, 1965; Greenland et al, 1968; Manuilova et al., 1975; y otros).

* Instituto de Geología y Paleontología

Los granitoides de Manicaragua corresponden al complejo del arco volcánico cretácico, y afloran predominantemente en la parte meridional de la región central de Cuba (al norte y este del macizo metamórfico de Escambray), formando una franja estrecha y alargada dispuesta en el límite entre la secuencia vulcanógeno-sedimentaria cretácica (en el norte) y el complejo anfibolítico (en el sur), con una dirección E-O hasta ONO-ESE. Las rocas de caja de los granitoides considerados son las del complejo anfibolítico y del complejo vulcanógeno-sedimentario cretácico, destacándose sus contactos aflorados, tanto intrusivo como tectónico. Por otra parte, ellos contactan siempre tectónicamente con el macizo de Escambray.

Para lograr el objetivo antes planteado, fueron analizadas 7 muestras del anfíbol, 8 muestras de la biotita y 12 muestras de la plagioclasa, recogidas de diferentes tipos de rocas, tales como: diorita, diorita cuarcífera, monzonita, granodiorita y plagiogranito, las cuales constituyen la fase principal del intrusivo Manicaragua. Las composiciones químicas de los minerales examinados se determinaron mediante el análisis de microsonda electrónica, realizado en el Laboratorio del Instituto de Geología de Praga, y están dadas en las Tablas 1, 3 y 5.

PRINCIPALES RASGOS DE LOS MINERALES ESTUDIADOS

Anfíbol: se encuentra en casi todos los tipos de rocas granitoides de la región estudiada, formando cristales prismáticos alargados en proporciones variables. Los anfíboles analizados fueron recogidos de las granodioritas, monzonitas cuarcí-

feras, monzodioritas y dioritas cuarcíferas. Sus composiciones químicas y fórmulas cristaloquímicas están expuestas en las Tablas 1 y 2. Las fórmulas cristaloquímicas se calcularon sobre la base de 23 átomos del oxígeno, según los métodos de la Sub-comisión para los anfíboles (Leake, 1978).

De acuerdo con su quimismo, los minerales considerados pertenecen a los anfíboles del subgrupo cálcico (Deer et al, 1963) y el diagrama de relación entre Al^{IV} y $Na + K$ demuestra que corresponden a las hornblendas típicas (Fig. 1). Ellos, en general, se caracterizan por el valor de Al^{IV} que fluctúa entre 0,980 y 1,630 y bajos contenidos de Al^{VI} (0,00-0,45).

Según Leake (1965, 1971), el contenido de Al^{VI} en las hornblendas depende de la presión, demostrando además, que su máximo valor posible crece regularmente a medida que aumenta el contenido de Al^{IV} (principalmente en los anfíboles cálcicos y subcálcicos).

En la figura 2 está el diagrama en el que aparecen las líneas correspondientes al máximo valor posible de Al^{VI} (según Leake, 1965) y a la presión de 5kb (según Rasse, 1974), en dependencia de los contenidos de Al^{VI} y Si en las hornblendas. Los contenidos de Al^{VI} y Si en las hornblendas estudiadas, ploteados en el diagrama señalado, demuestran que las mismas presentan valores relativamente bajos de Al^{VI} y Si, y además, se encuentran por debajo de las líneas correspondientes, tanto al máximo valor posible de Al^{VI} (según Leake, 1965) como a la presión de 5 kb (según Rasse, 1974), (ver Fig. 2); las cuales, según Mahabaleswar (1983), son similares a las hornblendas de las facies metamórficas regionales de baja presión.

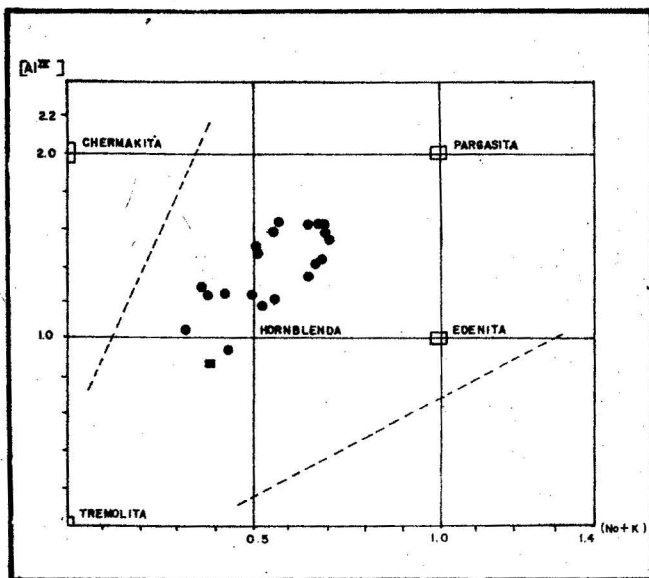


Fig. 1. Variación de la composición química de los anfíboles cálcicos expresada en la cantidad de átomos $(Na + K)$ y (Al) en su fórmula (Deer, 1962) simbología Fig.

● Hornblenda de los granitoides de Manicaragua

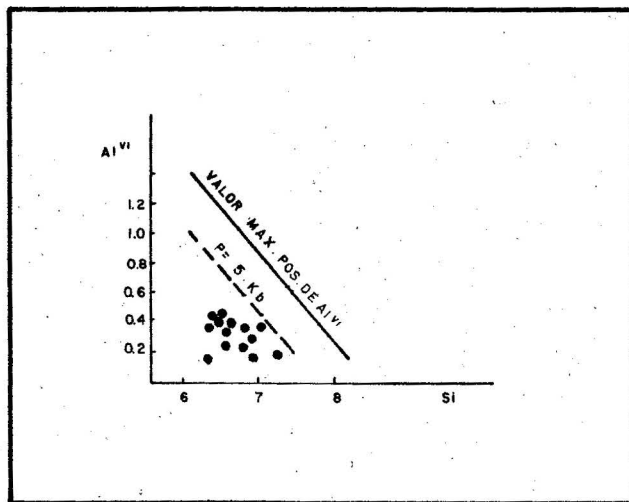


Fig. 2. Relación entre los valores de Al y Si presentes en las hornblendas de los granitoides de Manicaragua

—— Indica el valor máximo posible del Al (según Leake, 1965)

---- Indica la presión de 5Kb (según Rasse, 1974)

● — Hornblenda de los granitoides de Manicaragua

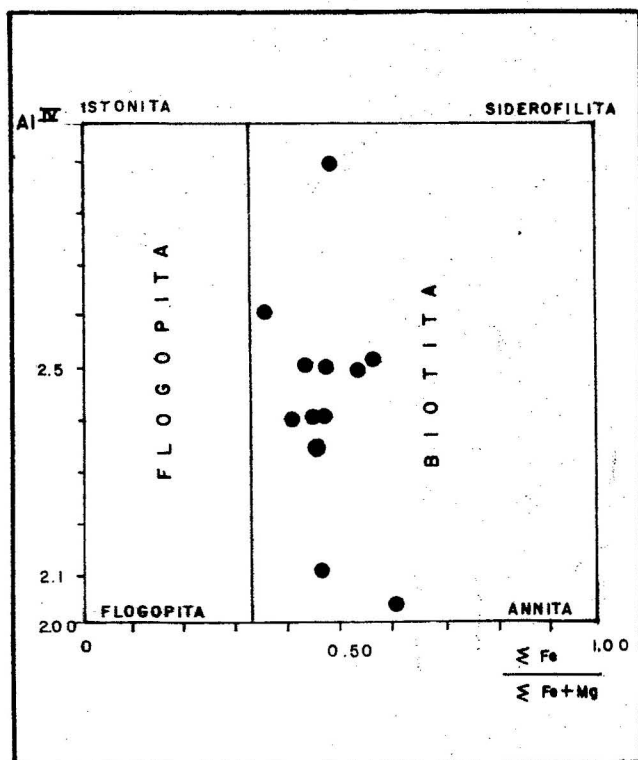


Fig. 3. Campo de la composición de micas de la serie flogopita-biotita (Deer et al, 1966) simbología.
● Biotitas de los granitoides de Manicaragua

Biotita: de acuerdo con sus composiciones, las biotitas examinadas pertenecen a las biotitas típicas de serie flogopita-biotítica (Tabla 3 y Fig. 3). Sus fórmulas cristaloquímicas, calculadas sobre la base de 22 átomos del oxígeno, se exponen en la Tabla 4. Se destaca en las mismas, una titanosidad relativamente alta (TiO_2 : 4,99-8,50 %), la cual es característica para los granitoides de baja profundidad y alta temperatura (Paneyaj, 1982).

En el diagrama de relación entre Si/Al y $\frac{\text{Mg} + \text{Fe}}{\text{Al}}$ (según Marakushev, 1965), para las biotitas estudiadas se observa que ellas aparecen en el campo III, señalando que las mismas corresponden a las que se formaron en condiciones de alcalinidad normal (Fig. 4).

Plagioclasa: fueron analizadas varias plagioclasas de diferentes rocas, tales como: granito, plagiogranito, monzodiorita y diorita cuarcífera. Sus composiciones químicas y fórmulas cristaloquímicas (calculadas sobre la base de 32 átomos del oxígeno) están en las Tablas 5 y 6.

Las plagioclasas del granito, según su quimismo (Tabla 6), corresponden a la oligoclasa (su basicidad: $\text{An}_{19} - \text{An}_{22}$). En los plagiogranitos, la basicidad varía desde An_{18} hasta An_{49} , correspondiendo a la andesina. Las plagioclasas de las monzodiori-

tas están representadas por andesina-labrador ($\text{An}_{37} - \text{An}_{56}$). En las dioritas cuarcíferas ellas presentan una composición bastante estable ($\text{An}_{45} - \text{An}_{49}$), correspondiendo así a la andesina.

Se destaca en sentido general, que las plagioclasas más representadas de los granitoides de Manicaragua son de composición andesina (An_{30}). Se observa, además, que en los minerales examinados aparecen bajos contenidos de K_2O (0,10-0,32 %), y relativamente altos valores del componente anortítico (hasta $\text{An}_{52,30}$), los cuales, probablemente, pertenecen a las plagioclasas de las rocas hipabisales (Deer et al, 1963).

ESTUDIO SOBRE LA PETROLOGIA DE LOS GRANITOIDES

La ferruginosidad F (donde $F = \frac{\text{Fe}^{\text{tot}}}{\text{Fe}^{\text{tot}} + \text{Mg}}$

100 %) y el valor del coeficiente de distribución Kd de los componentes ferromagnesianos presentes en las hornblendas y biotitas coexistentes (donde

$Kd = \frac{F^{\text{Hornblenda}}}{F^{\text{Biotita}}}$), constituyen parámetros

que reflejan las condiciones de formación de los granitoides. Está establecido que en los granitoides abisales la ferruginosidad de la hornblenda (F^{Horn}) siempre es mayor que la de la biotita (F^{Biot}) coexistente, mientras que en los hipabisales la F^{Horn} siempre es menor que la F^{Biot} (Manuilova et al, 1975).

Entre las hornblendas y biotitas analizadas aparecen cuatro pares de las mismas que coexisten en la monzonita cuarcífera, monzodiorita, granodiorita y diorita cuarcífera (muestras 2, 10, 11 y 18). Las ferruginosidades de los minerales referidos que aparecen en las rocas señaladas y sus valores del coeficiente de distribución Kd, son los siguientes:

	F^{Horn}	F^{Biot}	Kd
granodiorita	36,17	40,91	0,884
diorita cuarcífera	42,46	43,62	0,973
monzonita cuarcífera	42,02	49,11	0,855
monzodiorita	53,82	69,97	0,769

Se observa que en cada tipo de roca la ferruginosidad de la hornblenda (F^{Horn}) siempre es menor que la de la biotita (F^{Biot}), lo que hace evidente que estos granitoides corresponden a los hipabisales (Manuilova, 1975). Para determinar la temperatura de cristalización fue utilizado el diagrama de dependencia entre el coeficiente de distribución Kd y la temperatura de cristalización, de acuerdo con

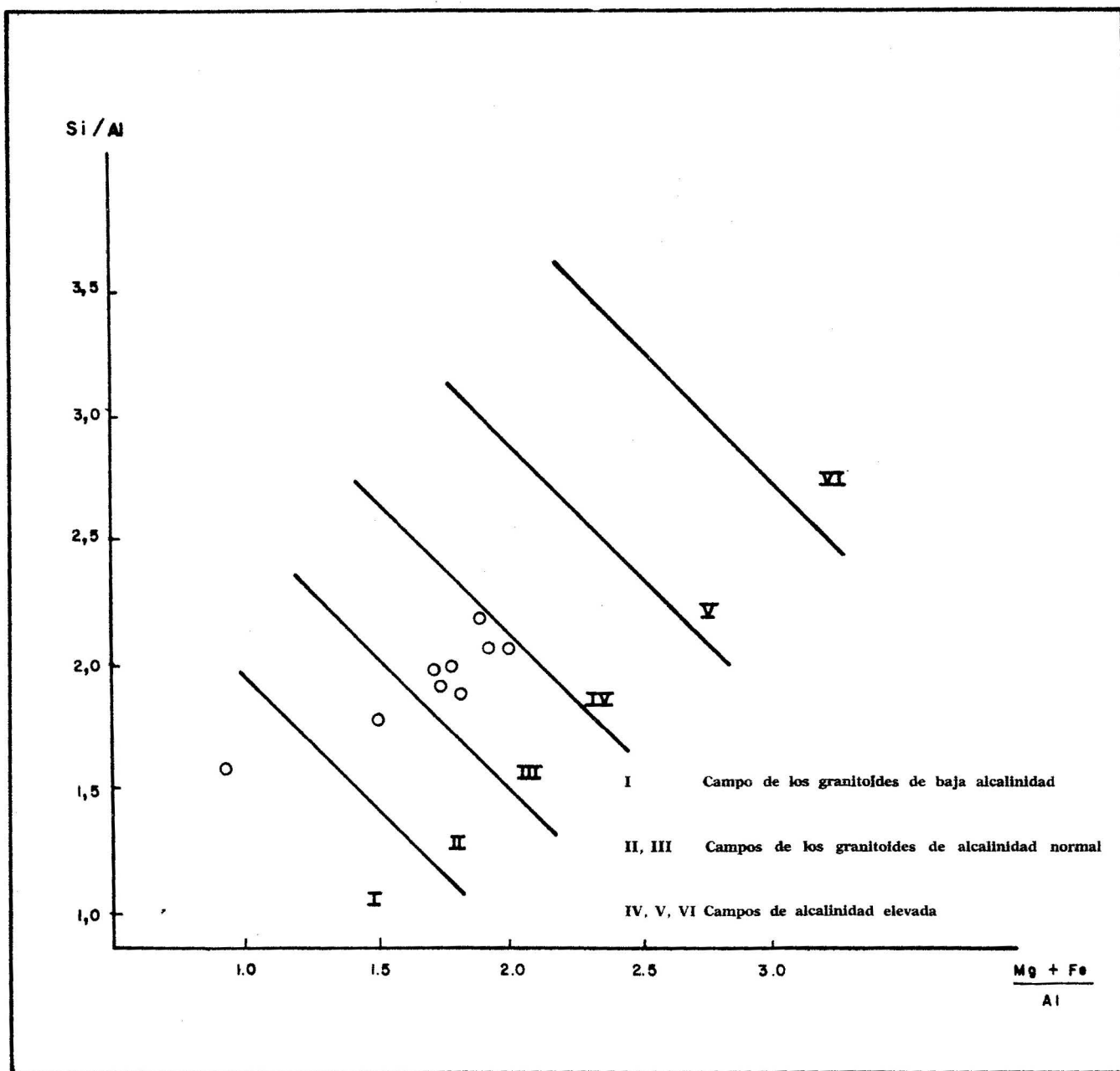


Fig. 4. Diagrama de composición de las biotitas, en la coordinación Si/Al - (Mg-Fe) Al, según Marakuchev y Perchuk, 1966

○ Biotitas de los granitoides de Manicaragua

Manuilova, 1975 (Fig. 5). Los valores de Kd correspondientes a las hornblendas y biotitas coexistentes en los granitoides de Manicaragua, fluctúan en un intervalo de 0,769 a 0,973. Al plotear estos valores en el diagrama referido, se demuestra que la temperatura de cristalización de las mismas fluctúa entre 550 y 700 °C.

Cabe señalar, que existen otros diagramas (según Perchuk, 1970) que consisten en las curvas de temperatura de cristalización, en dependencia de los contenidos del calcio y magnesio presentes en las hornblendas y plagioclasas coexistentes. Entre

las hornblendas y plagioclasas examinadas se destacan algunos pares de las mismas, que coexisten tanto en los granitos, granodioritas, como en las monzodioritas, monzonitas y dioritas cuarcíferas. Comparando los contenidos de Ca tanto en las hornblendas como en las plagioclasas coexistentes en las rocas señaladas, con el diagrama de distribución de los átomos de Ca, según Perchuk, 1970 (Fig. 6), se demostró que la temperatura de cristalización de ambos minerales, presentes en diferentes tipos de rocas, fluctúa en un intervalo desde 450 hasta 700 °C.

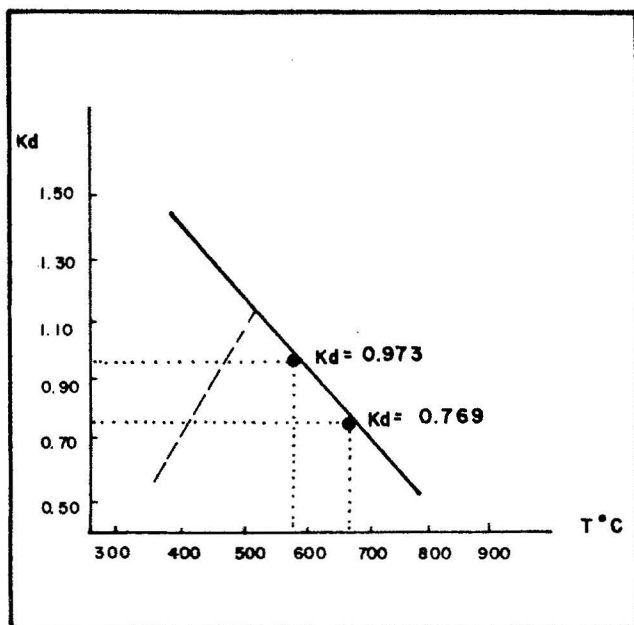


Fig. 5. Cambio de la magnitud del coeficiente de distribución de los componentes ferro-magnesianos (Fe-Mg) entre las hornblendas y biotitas coexistentes (K_d), en dependencia de la temperatura (según Manuilova, 1975).

La línea discontinua representa los abisales; la línea continua los hipabisales y subvolcánicos.

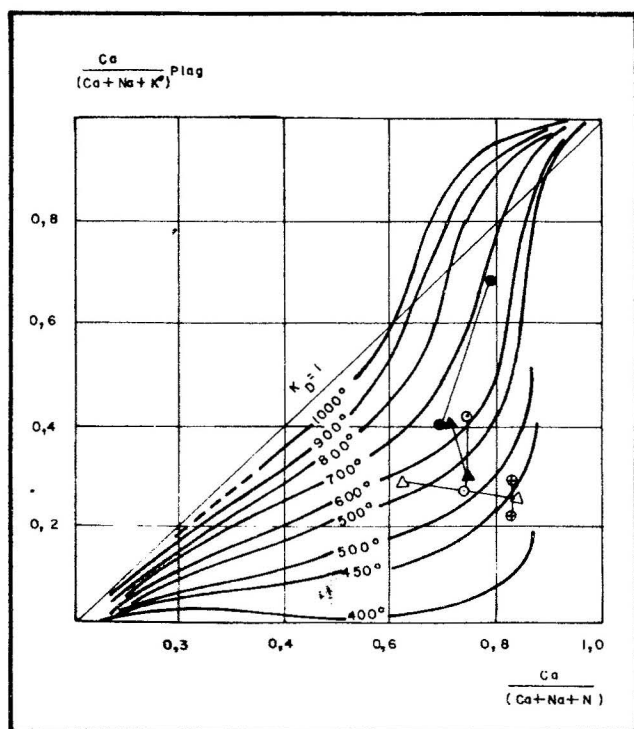


Fig. 6. Distribución del Ca en los pares plagioclase-anfibol coexistentes en dependencia de la temperatura (Perchuk, 1970)

- — Granodiorita
- — Diorita
- ⊕ — Granito
- △ — Monzonita cuarcífera

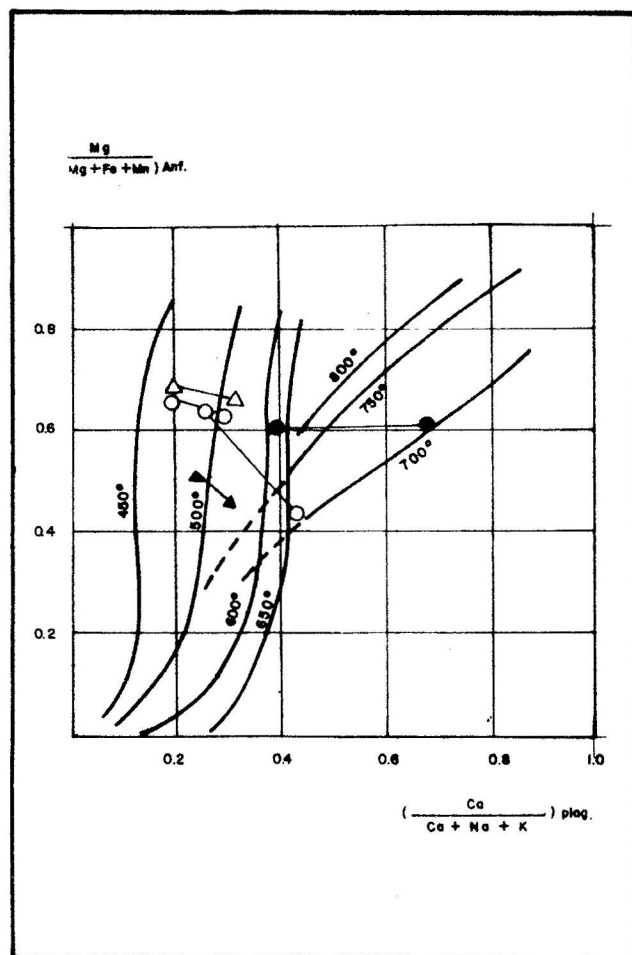


Fig. 7. Distribución del Mg (en anfibol) y Ca (en plagioclase) coexistentes, en dependencia de la temperatura (Perchuk, 1970) simbología Fig. 6

Además, mediante el diagrama de distribución entre los contenidos del Mg (en las hornblendas) y del Ca (en las plagioclases), se estableció el mismo intervalo de la temperatura de cristalización de los minerales señalados, que fluctúa en un intervalo de 450 a 700 °C (Fig. 7). De acuerdo con lo expuesto, se demostró que la temperatura de cristalización de los granitoides de Manicaragua establecida mediante el estudio de las hornblendas y biotitas coexistentes (T : 550-700 °C), se encuentra dentro del mismo intervalo, establecido en los diagramas de las hornblendas y plagioclases coexistentes en las rocas consideradas (T : 450-700 °C).

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos permiten llegar a la conclusión de que los granitoides de Manicaragua son de carácter hipabisal, y han sido formados en condiciones de alcalinidad normal, baja presión (menor que 5 kb) y alta temperatura (T : 450-700 °C). Estas dos últimas caracterizan a los arcos volcánicos, coincidiendo así con el carácter de arco volcánico de los mismos.

Tabla 1. Composición química de los anfíboles de los granitoides de Manicaragua

No.	11/1A	11/1B	11/1B'	20/1A	20/1A'	2-1	2-2	3	3-1	1	1-1
Muestras:	(Granodioritas)					(monzonitas cuarcíferas)				(monzodioritas)	
SiO ₂	45,20	45,72	45,61	46,94	46,10	42,49	44,67	47,24	49,60	42,21	43,85
TiO ₂	1,20	1,09	1,25	0,71	0,75	1,23	1,39	1,46	0,50	1,41	1,58
Al ₂ O ₃	8,13	8,53	8,50	7,49	7,28	11,20	9,57	7,05	5,63	10,71	10,06
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	14,31	14,36	14,60	15,46	15,46	17,76	15,12	5,12	13,97	7,53	17,60
FeO								9,58		13,25	
MnO	0,60	0,60	0,59	0,75	0,78	0,39	0,24	0,68	0,52	0,54	0,64
MgO	14,54	14,39	14,13	14,13	14,13	11,26	14,41	13,72	15,80	9,46	10,16
CaO	10,39	9,83	10,52	10,47	10,72	11,50	10,47	11,46	11,56	11,57	11,60
Na ₂ O	1,25	1,32	1,25	0,98	1,11	1,45	1,74	0,76	—	1,00	1,32
K ₂ O	0,66	0,71	0,74	0,61	0,58	1,22	0,38	0,64	0,26	1,92	1,51
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—	0,04	—	0,06	—
H ₂ O+	—	—	—	—	—	—	—	1,73	—	1,06	—
H ₂ O—	—	—	—	—	—	—	—	0,17	—	0,09	—
Total	96,29	96,57	97,20	97,54	96,91	98,48	98,61	99,65	97,84	99,81	98,32

Tabla 1 (continuación)

No.	1-2	1-3	1-4	10/1E	10/1F	10/2C	18/2A	18/2D	18/4A	18/4B
Muestras:	(monzodioritas)						(dioritas cuarcíferas)			
SiO ₂	43,13	42,15	44,12	42,18	46,36	44,93	43,43	46,42	42,96	42,86
TiO ₂	1,32	1,23	1,59	2,71	1,37	2,41	1,34	0,66	1,42	1,41
Al ₂ O ₃	11,25	11,51	9,64	11,28	7,78	8,88	9,06	7,55	9,09	9,41
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	18,23	18,88	17,09	22,06	17,81	18,64	16,64	15,76	17,21	17,49
FeO										
MnO	0,58	0,58	0,57	0,47	0,42	0,47	0,67	0,61	0,65	0,65
MgO	9,94	9,46	10,55	7,92	10,64	9,64	12,33	14,19	11,39	12,13
CaO	11,74	11,68	11,78	19,85	10,11	9,77	9,88	11,47	11,08	11,11
Na ₂ O	1,31	1,23	1,28	1,26	0,86	1,10	1,02	0,77	1,15	1,16
K ₂ O	1,68	1,66	1,42	1,56	0,97	1,20	1,10	0,82	1,22	1,27
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ O+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ O—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	99,18	98,38	98,09	99,29	96,32	97,04	95,48	98,24	97,18	99,49

Tabla 2. Cantidad de los cationes en la fórmula cristaloquímica de los anfíboles

No.	11/1A	11/1B	11/1B'	20/1A	20/1A'	2-1	2-2	3
Muestras:	(granodioritas)					(monzonitas cuarcíferas)		
Si	6,78	6,81	6,77	6,77	6,68	6,385	6,575	6,950
Al ⁺⁴	1,22	1,19	1,23	1,23	1,24	1,615	1,425	1,050
Fe ⁺³					0,08			
Al ⁺⁶	0,25	0,31	0,26	0,04		0,368	0,235	0,173
Ti	0,13	0,12	0,14	0,08	0,08	0,139	0,154	0,162
Mg	3,19	3,19	3,13	3,04	3,05	2,517	3,162	3,000
Fe ⁺³	1,79	1,38	1,47	1,20	1,36	2,232	1,861	0,567
Fe ⁺²		0,41	0,34	0,64	0,43			1,098
Fe ⁺²				0,02				0,080
Mn	0,08	0,08	0,07	0,09	0,08	0,050	0,030	0,085
Mn					0,02			
Ca	1,63	1,51	1,59	1,62	1,66	1,852	1,655	1,806
Na				0,27	0,31			0,029
Ca		0,06	0,08					
Na	0,37	0,38	0,36			0,423	0,496	0,187
K	0,14	0,14	0,14	0,11	0,11	0,234	0,184	0,120
OH								1,697
O								22,303

Tabla 2 (continuación)

No.	3-1	1	1-1	1-2	1-3	1-4	10/1E	10/1F
Muestras:	(monzonitas cuarcíferas)	(monzodioritas)						
Si	7,215	6,469	6,595	6,458	6,394	6,635	6,389	7,020
Al ⁺⁴	0,785	1,531	1,405	1,542	1,606	1,365	1,611	0,980
Fe ⁺³								
Al ⁺⁶	0,180	0,407	0,378	0,444	0,451	0,343	0,439	0,409
Ti	0,055	0,162	0,179	0,148	0,139	0,180	0,308	0,156
Mg	3,425	2,160	2,277	2,219	2,148	2,365	1,787	2,401
Fe ⁺³	1,699	0,868	2,214	2,283	2,395	2,149	2,466	2,034
Fe ⁺²		1,405					0,328	0,220
Fe ⁺²		0,167						
Mn	0,064		0,081	0,074	0,074	0,072	0,059	0,055
Mn		0,070						
Ca	1,801	1,763					1,598	1,639

Tabla 2 (continuación)

No.	3-1 (monzonitas cuarcíferas)	1	1-1	1-2	1-3	1-4	10/1E	10/1F
Muestras:		(monzodioritas)						
Na							0,015	0,086
Ca		0,137	1,869	1,883	1,398	1,898		
Na		0,297	0,8 0,385	0,381	0,361	0,373	0,355	0,167
K	0,049	0,376	0,290	0,321	0,321	0,271	0,301	0,188
OH		1,083	24					
O		2 2,917						

Tabla 2 (continuación)

No.	10/2C	18/2A	18/2D	18/4A	18/4B
Muestras: (monzodioritas)		(dioritas cuarcíferas)			
Si	6,805	6,48	6,67	6,34	6,31
Al ⁺ ⁴	1,195	1,52	1,28	1,58	1,63
Fe ⁺ ³			0,05	0,08	0,06
Al ⁺ ⁶	0,389	0,07			
Ti	0,276	0,15	0,07	0,16	0,16
Mg	2,176	2,74	3,04	2,72	2,66
Fe ⁺ ³	2,149	1,23	1,26	1,29	1,29
Fe ⁺ ²	0,010	0,81	0,58	0,75	0,80
Fe ⁺ ²	0,203	0,03			
Mn	0,059	0,08	0,05	0,08	0,08
Mn			0,02		
Ca	1,584	1,58	1,76	1,75	1,75
Na	0,154	0,30	0,21	0,25	0,25
Ca					
Na	0,168			0,08	0,31 0,08
K	0,232	0,21	0,15	0,23	0,24

Observaciones: El recálculo se realizó sobre la base de 23 oxígenos, puesto que mediante el análisis de microsonda electrónica no fueron determinados los contenidos del agua. Las muestras 3 y 1 fueron recalculadas sobre la base de 24 oxígenos.

Tabla 3. Composición química de las biotitas de los granitoides de Manicaragua

No.	17/3C	13/2A	13/2A'	13/2B	15/2A	19/2A	19/2B
Muestras:	(Plagiogranitos)						
SiO ₂	41,88	38,45	38,52	38,29	36,99	36,14	36,17
TiO ₂	1,74	2,57	2,74	3,43	2,69	2,92	2,75
Al ₂ O ₃	24,61	16,53	16,58	16,24	17,57	15,93	16,25
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	0,02	—
FeO (tot.)	7,32	18,29	18,58	18,33	19,89	19,53	18,55
Mn	0,42	1,53	1,53	1,46	0,89	1,75	1,65
MgO	6,60	12,68	12,62	11,86	9,75	11,61	11,91
CaO	—	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	0,04	0,06	0,07	0,10	0,05	0,09	0,08
K ₂ O	8,99	7,89	8,90	9,53	9,04	6,91	7,27
Total:	97,90	98,00	99,44	99,25	95,89	94,88	94,63

Tabla 3 (continuación)

No.	11/1C	18/1B
Muestras:	(granodiorita)	(diorita cuarc.)
SiO ₂	38,20	34,93
TiO ₂	3,95	2,45
Al ₂ O ₃	15,12	15,48
Cr ₂ O ₃	—	—
FeO (tot.)	16,75	18,11
Mn	0,69	0,30
MgO	13,58	13,14
CaO	—	—
Na ₂ O	0,11	0,10
K ₂ O	9,12	7,11
Total:	97,16	91,62

Tabla 3 (continuación)

No.	2-1	2	10/1C
Muestras:	(monzonitas cuarcíferas)		(monzodiorita)
SiO ₂	36,87	38,98	36,51
TiO ₂	2,83	2,94	5,77
Al ₂ O ₃	15,66	14,83	14,42
Fe ₂ O ₃		6,13	
FeO		13,01	
FeO (tot.)	15,51		23,06
MnO	0,29	0,43	0,36
MgO	14,60	11,85	10,02
CaO	0,01	1,36	—
Na ₂ O	0,09	0,20	0,10
K ₂ O	8,09	7,40	9,63
P ₂ O ₅		0,05	
H ₂ O+		2,52	
H ₂ O—		0,16	
Total:	96,91	99,86	99,87

Tabla 5 (continuación)

No. Muestras:	14/1A	14/1A	14/1A	14/1A	14/1A	14/1A	14/1C	14/1C	14/1C
	(pto. 2)	(pto. 3)	(pto. 5)	(pto. 6)	(pto. 7)	(pto. 1)	(pto. 2)	(pto. 4)	
(granodioritas)									
SiO ₂	56,59	56,84	57,68	56,55	56,45	59,90	56,72	57,81	56,76
TiO ₂	—	—	—	0,06	0,04	0,02	0,06	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	28,50	28,12	27,16	28,19	28,12	26,75	27,68	27,6	27,57
Cr ₂ O ₃	0,02	—	—	—	—	—	0,02	—	—
FeO tot.	0,22	0,21	0,16	0,17	0,24	0,10	0,19	0,16	0,20
MnO	—	—	0,05	—	—	—	0,04	0,05	—
MgO	—	—	—	—	—	—	0,01	—	—
CaO	8,45	7,84	6,89	8,03	8,04	6,38	8,08	7,28	7,77
Na ₂ O	5,37	5,50	5,97	5,28	5,29	6,32	5,18	5,79	5,44
K ₂ O	0,20	0,21	0,23	0,24	0,23	0,18	0,27	0,21	0,24
Total	99,40	98,74	98,14	98,52	98,41	99,66	98,26	98,33	98,00

Tabla 5 (continuación)

No. Muestras:	14/1C	20/3C	1-1	1-2	10/1D	10/2D	3-1	18/3A	18/3B
	(pto. 5)								
(granodioritas)			(monzodioritas)				(monzonita)	(dioritas cuarcíferas)	
SiO ₂	57,18	61,72	59,07	58,84	55,29	57,87	66,60	55,69	56,70
TiO ₂	—	0,03	—	—	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	27,13	26,49	25,80	26,07	28,96	26,17	20,85	27,82	27,20
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	0,03	—	—	—	—
FeO tot.	0,18	0,08	—	—	0,17	0,12	—	0,06	0,08
MnO	—	—	—	—	0,02	—	—	—	—
MgO	0,01	0,03	—	—	0,02	—	—	—	—
CaO	7,46	6,47	7,91	8,29	10,34	7,69	1,78	9,43	8,67
Na ₂ O	5,60	4,09	7,25	7,02	4,41	5,85	10,77	5,21	5,87
K ₂ O	0,26	0,15	0,20	0,11	0,17	0,23	0,11	0,10	0,12
Total	97,83	99,07	100,23	100,33	99,40	97,93	100,63	98,32	98,64

Tabla 6. Cantidad de los cationes en la fórmula cristaloquímica de las plagioclasas

No.	4-1	4-2	4-3	13-2C	13-2E	15/1A	15/1B	15/1C	15/1D	15/1E	17/1C	17/2E	17
Muestras:	(granitos)			(plagiogranitos)									
Si	11,109	11,260	11,210	10,115	10,78	11,10	10,536	10,539	11,066	10,752	10,999	10,902	10,80
Ti	—	—	—	—	—	—	—	0,002	0,004	—	—	0,002	—
Al	4,874	4,738	4,775	6,002	5,72	5,10	5,525	5,581	5,094	5,419	5,079	5,214	5,37
Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe tot.	—	—	—	0,026	0,01	—	0,004	0,001	—	—	0,006	0,006	—
Mn	—	—	—	—	—	—	0,004	0,004	—	—	0,004	0,004	—
Mg	—	—	—	0,005	—	—	—	—	0,005	—	—	—	—
Ca	0,913	0,750	0,824	1,766	1,23	0,75	1,366	1,311	0,683	0,977	1,115	1,103	1,26
Na	3,158	3,221	3,156	1,865	1,56	2,84	2,490	2,410	3,035	2,719	2,238	2,481	2,40
K	0,034	0,030	0,032	0,048	0,04	0,48	0,043	0,047	0,027	0,061	0,070	0,028	0,04
Z	15,983	15,998	15,985	16,431	16,51	16,20	16,066	16,125	16,164	16,172	16,085	16,124	16,17
X	4,105	4,001	4,012	3,684	2,83	4,07	3,903	3,773	3,750	3,756	3,427	3,616	3,70
An	22,24	18,75	20,54	48,00	43,46	18,42	35,04	34,79	18,22	26,00	30,78	30,54	34,05
Ab	76,93	80,50	78,66	50,70	55,12	69,77	63,85	63,95	81,05	72,38	67,29	68,69	64,86
Or	0,83	0,75	0,80	1,30	1,41	0,11	1,11	1,21	0,73	1,62	1,92	0,76	1,08

Tabla 6 (continuación)

No.	17/2G	19/1C	19/1E	11/2A	11/2D	11/2E	11/2F	14/1A	14/1A (pto. 2)	14/1A (pto. 3)	14/1A (pto. 5)	14/1A (pto. 6)	14/1A (pto. 7)
Muestras:	(plagiogranitos)			(granodioritas)									
Si	10,864	10,546	10,119	10,00	10,24	10,295	10,242	10,160	10,246	10,49	10,27	10,27	10,65
Ti	0,002	0,006	—	—	—	—	0,005	—	—	—	—	—	—
Al	5,239	5,599	5,916	5,82	5,92	5,880	5,937	6,033	5,975	5,83	6,04	6,04	5,63
Cr	—	—	—	—	—	0,002	—	0,002	—	—	—	—	—
Fe tot.	—	0,021	0,030	0,009	0,02	0,020	0,017	0,030	0,028	0,01	0,01	0,02	0,06
Mn	0,004	—	0,004	—	—	0,003	0,003	—	—	0,01	—	—	—
Mg	—	—	0,004	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ca	1,167	1,630	1,950	1,50	1,51	1,432	1,519	1,626	1,519	1,34	1,56	1,56	1,22
Na	2,450	1,612	1,722	1,84	2,08	2,154	2,057	1,869	1,921	2,10	1,86	1,86	2,18
K	0,023	0,056	0,052	0,06	0,04	0,064	0,045	0,045	0,048	0,16	0,06	0,06	0,04
Z	16,105	16,172	16,065	15,91	16,18	16,20	16,20	16,225	16,129	16,33	16,32	16,31	16,34
X	3,645	3,298	3,678	3,400	3,63	3,653	3,624	3,540	3,488	3,61	3,48	3,48	3,44
An	32,06	49,43	52,30	44,11	41,63	39,24	41,94	45,93	43,55	38,28	44,82	44,82	35,46
Ab	67,29	48,47	46,28	54,12	57,12	59,27	56,83	52,79	55,01	60,00	53,44	53,44	63,37
Or	0,64	1,69	1,40	1,77	1,23	1,48	1,21	1,28	1,44	1,71	1,72	1,72	1,16

Observaciones: El recálculo se realizó sobre la base de 32 oxígenos.

Tabla 6 (continuación)

No.	14/1C	14/1C	14/1C	14/1C	20/3C	1-1	1-2	10/1D	10/2D	3-1	18/3A	18/3B
Muestras:	(pto. 1)	(pto. 2)	(pto. 4)	(pto. 5)							(dioritas)	(dioritas)
	(granodioritas)					(monzodioritas)				(monzonita)	(cuarcíferas)	
Si	10,36	10,49	10,39	10,41	11,14	10,537	10,488	9,965	10,509	11,657	10,272	10,272
Ti	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Al	5,91	5,81	5,93	5,84	5,24	5,425	5,476	6,154	5,602	4,302	5,967	5,808
Cr	—	—	—	—	—	—	—	0,004	—	—	—	—
Fe tot.	0,01	0,11	0,01	0,01	—	—	—	0,034	0,017	—	0,009	0,011
Mn	0,05	0,01	—	—	—	—	—	0,003	—	—	—	—
Mg	0,02	—	—	0,02	0,01	—	—	0,005	—	—	—	—
Ca	1,58	1,43	1,51	1,46	1,26	1,512	1,583	1,997	1,496	0,333	1,839	1,613
Na	1,84	2,04	1,92	1,98	1,44	2,508	2,426	1,542	2,060	3,655	1,839	2,062
K	0,06	0,04	0,06	0,06	0,04	0,045	0,026	0,039	0,052	0,141	0,624	0,028
Z	16,28	16,43	16,33	16,26	16,38	15,962	15,964	16,147	16,129	15,959	16,108	16,091
X	3,55	3,52	3,49	3,52	2,75	4,065	4,035	3,587	3,608	4,129	4,302	3,747
An	45,40	40,74	43,26	41,71	45,98	37,20	39,30	55,82	41,40	8,06	49,72	44,57
Ab	52,87	58,11	55,00	56,57	52,55	61,70	60,10	43,10	57,09	88,52	49,72	54,66
Or	1,72	1,13	1,71	1,71	1,45	1,10	0,60	1,06	1,49	3,42	0,54	0,76

Observaciones: El recálculo de los cationes se realizó sobre la base de 32 oxígenos.

BIBLIOGRAFIA

- DEER, W. A., A. HOWIER., J. ZUSSMAN. (1963): *Rock-forming minerals*. Vol. 2: 221-339; Vol. 3: 20-98; Vol. 4: 112-178.
- GREENLAND, L. P., D. GOTTFRIED, R. I. TILLING. (1968): *Distribution of manganese between coexisting biotite and hornblende in plutonic rocks*. Geochim. Cosmochim. Acta, 32: 1149-1163.
- LEAKE, B. E. (1965): *The relationship between tetrahedral aluminium and maximum possible octahedral aluminium in natural calciferous and sub-calciferous amphiboles*. Am. Mineral, 50: 834-851.
- (1971): *On aluminous and edenitic hornblendes*. Mineral Mag., 38: 389-407.
- (1978): *Nomenclature of amphiboles*. Am. Mineral, 63: 1023-1052.
- MAHABALESWAR, B., I. R. VASANT KUMAR. (1983): *Mineral chemistry of hornblendes from the charnockites of Karnataka, India*. Acta Min. Petrographica, Szeged XXVI, I, 115-123.
- MANUILOVA, M., V. ZARUBIN, Y. MIJAILOVA. (1975): *Composición de las hornblendas y biotitas como criterio para juzgar sobre el grado de profundidad de los granitoides (en ruso)*. Bol. Acad. Cienc. URSS, serie Geol., 12.
- MARAKUSHEV, A. A., I. A. TARARIN. (1965): *Sobre los criterios mineralógicos de la alcalinidad de los granitoides (en ruso)*. Izvestia Acad. Cien. URSS, serie Geol., 3.
- MOXHAM, R. L. (1965): *Distribution of minor elements in coexisting hornblende and biotite*. Canadian Mineral, 8 (2): 204-240.
- PANEYAJ, N. A. (1982): *Tipos genéticos de las biotitas y hornblendas (en ruso)*. Bol. MOIP., Secc. — geol.
- PERCHUK, L. L. (1970): *Equilibrio de los minerales formadores de rocas (en ruso)*. Ed. Nauka.
- RASSE, P. (1974): *Al and Ti contents of hornblende: Indicators of pressure and temperature of regional metamorphism*. Contrib. Mineral. Petrol., 45:231-236.