



**GEOPRIN, S.A.**

**INFORME COMPLEMENTARIO  
GEOQUIMICO**

**Hoja 04-07 (Santiago de Compostela)**

**INFORME COMPLEMENTARIO GEOQUIMICO**

**HOJA DE SANTIAGO**

**04-07/94**

## INDICE

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- COMPARACION DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS ROCAS CON OTROS VALORES MEDIOS REPRESENTATIVOS
- 3.- CALCULO DE LA NORMA CIPW
- 4.- DIAGRAMAS BINARIOS FRENTE AL INDICE DE DIFERENCIA-CION (I. P.)
- 5.- COEFICIENTES DE CORRELACION INTERELEMENTALES (rocas graníticas)
- 6.- DIAGRAMA A-F-M (rocas graníticas)
- 7.- DIAGRAMA Q-Ab-Or
- 8.- DIAGRAMA Ba-Rb-Sr
- 9.- BIBLIOGRAFIA

## 1.- INTRODUCCION

Para la realización de este estudio se han realizado treinta análisis químicos de los tipos litológicos más representativos de este sector.

En las correspondientes muestras se ha determinado la composición total en elementos mayores y algunos de los elementos traza más significativos en el químismo de estas rocas.

Del conjunto de análisis (Tabla I), 17 corresponden a granitos de dos micas, 6 a granodioritas y granitos biotíticos y uno a una cuarzo-diorita. Los restantes representan a rocas migmatíticas, ortogneises y ortogneises migmatizados y anfibolitas.

Toda esta serie de datos analíticos han sido sometidos a diversos cálculos y consideraciones geoquímicas y estadísticas con el fin de precisar la evolución y la caracterización geoquímica de estas rocas.

Los cálculos básicos y diagramas realizados han sido los siguientes:

- Comparación del químismo de las rocas con otros valores medios representativos.
- Cálculo de la norma CIPW.
- Elaboración de diagramas binarios frente al índice de diferenciación (I. D.)

TABLA I

N.ROCA	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O
1	72.05	14.77	1.16	1.41	0.03	0.51	2.16	3.96	2.75	0.25	0.14	0.19
2	73.58	14.54	0.83	1.07	0.01	0.33	0.44	2.70	4.88	0.25	0.10	0.80
3	72.81	14.19	0.87	1.13	0.05	0.40	0.68	2.78	5.18	0.20	0.18	1.44
4	73.46	14.20	1.03	1.34	0.01	0.54	0.86	2.46	5.55	0.10	0.02	0.44
5	74.54	13.16	0.85	1.11	0.02	0.41	1.50	3.96	3.29	0.11	0.04	1.22
6	73.74	13.93	0.88	1.14	0.02	0.44	0.69	3.11	4.91	0.14	0.03	0.55
7	73.43	14.27	0.77	0.99	0.01	0.38	0.40	3.59	4.58	0.10	0.07	1.02
8	72.52	13.93	0.72	0.94	0.01	0.41	0.99	3.78	4.96	0.11	0.13	1.41
9	73.87	13.58	0.84	1.09	0.01	0.41	0.46	2.12	5.93	0.17	0.14	0.94
10	71.68	15.08	1.00	1.31	0.02	0.53	0.94	2.77	4.93	0.14	0.06	1.00
11	71.86	14.35	1.26	1.64	0.02	0.65	1.03	2.76	5.39	0.25	0.07	0.44
12	71.21	14.77	0.94	1.22	0.02	0.44	1.06	2.87	5.17	0.15	0.03	1.59
13	70.38	15.16	1.44	1.85	0.03	0.84	1.19	2.50	5.27	0.54	0.05	0.35
14	69.54	15.45	1.32	1.70	0.03	0.77	1.94	2.67	4.36	0.65	0.16	1.24
15	74.21	14.49	0.91	1.18	0.01	0.44	0.55	2.72	5.21	0.25	0.07	0.41
16	72.94	14.34	0.88	1.14	0.02	0.40	0.74	3.26	5.39	0.29	0.11	0.34
17	73.87	12.95	0.98	1.27	0.04	0.51	0.83	3.07	4.62	0.25	0.04	1.08
18	65.54	16.07	1.63	2.11	0.06	2.28	2.47	2.67	4.92	0.61	0.15	1.39
19	60.60	18.23	2.06	2.67	0.08	3.41	3.37	2.83	3.97	1.38	0.22	1.11
20	68.54	15.22	1.25	1.62	0.03	1.41	2.04	3.00	4.20	0.86	0.20	1.36
21	70.51	14.14	1.44	1.86	0.04	1.51	2.54	3.36	4.07	0.25	0.12	0.41
22	66.19	15.34	1.84	2.39	0.04	2.27	2.74	2.98	4.87	0.42	0.13	0.79
23	68.46	15.52	1.46	1.81	0.03	1.00	2.38	3.28	4.62	0.35	0.03	1.05
24	66.51	14.21	1.89	2.45	0.05	2.52	2.82	2.79	4.71	0.49	0.09	1.31
25	73.61	14.84	0.94	1.21	0.02	0.44	0.25	2.74	4.97	0.07	0.08	1.21
26	74.91	14.07	0.66	0.77	0.02	0.37	0.85	2.46	5.21	0.03	0.03	1.00
27	73.23	15.91	0.79	1.02	0.01	0.38	0.38	2.96	4.97	0.20	0.08	0.23
28	73.73	15.95	1.08	1.40	0.01	0.53	0.16	2.32	4.10	0.19	0.12	0.54
29	72.69	14.05	0.89	1.16	0.01	0.45	1.06	2.99	4.49	0.21	0.10	0.44
30	45.99	18.70	4.38	10.33	0.24	3.45	7.90	2.00	0.62	1.82	0.12	1.60

TABLA I (Continuación)

H. ROCA	LI	RB	BA	SR
1	126	185	340	103
2	94	353	372	56
3	106	417	254	61
4	64	227	447	116
5	77	253	328	72
6	87	316	203	39
7	12	249	463	44
8	36	212	433	143
9	43	360	297	53
10	104	376	244	53
11	90	312	383	88
12	70	253	320	91
13	85	361	459	97
14	111	429	291	84
15	85	407	267	49
16	81	365	429	47
17	140	393	265	52
18	88	293	295	284
19	102	238	592	302
20	88	253	566	220
21	81	256	311	204
22	90	175	524	306
23	60	269	403	210
24	88	272	480	272
25	49	275	256	51
26	32	240	457	63
27	12	264	221	56
28	38	251	262	41
29	75	350	305	8
30	25	97	256	115

- Cálculo de los coeficientes de correlación inter-elementales en las rocas graníticas.
- Elaboración del diagrama AFM de las rocas graníticas.
- Representación de las rocas en el diagrama Ba-Rb-Sr.

Con el fin de facilitar el desarrollo tanto de los cálculos, como de la elaboración de tablas y diagramas, se ha utilizado una numeración sencilla para las muestras estudiadas. La correlación entre esta númeración y la original es la siguiente:

<u>Nº PRESENTE ESTUDIO</u>	<u>Nº ORIGINAL</u>	<u>TIPO DE ROCA</u>
1	04-07/GP/PM-131	Granito de 2 micas
2	PM-152	Granito de 2 micas (megacristales)
3	PM-151	Granito de 2 micas (megacristales)
4	PM-31	Granito de 2 micas
5	PM-16	Granito de 2 micas
6	PM-82	Granito de 2 micas (megacristales)
7	PM-30	Granito de 2 micas
8	PM-55	Granito de 2 micas (migmatítico)
9	PM-23	Granito de 2 micas
10	PM-87	Granito de 2 micas (megacristales)
11	PM-22	Granito de 2 micas (migmatítico)
12	PM-34	Granito de 2 micas
13	PM-173	Granito de 2 micas (megacristales)
14	PM-188	Granito de 2 micas
15	PM-172	Granito de 2 micas
16	PM-211	Granito de 2 micas

<u>Nº PRESENTE ESTUDIO</u>	<u>Nº ORIGINAL</u>	<u>TIPO DE ROCA</u>
17	PM-169	Granito de 2 micas
18	PM-119	Granodiorita precoz (megacristales)
19	PM-112	Granodiorita precoz
20	PM-126	Granodiorita precoz (megacristales)
21	PM-59	Granodiorita precoz (megacristales)
22	PM-42	Granodiorita precoz (megacristales)
23	PM-69	Granito biotítico
24	PM-24	Cuarzodiorita.
25	PM-18	Leucosoma migmatítico
26	PM-20	Leucosoma migmatítico
27	PM-229	Ortoneis biotítico
28	PM-77	Ortoneis biotítico (milonítico)
29	PM-14	Neis migmatítico
30	PM-235	Ortoanfibolita (metagabro)

A continuación se realiza una revisión detallada de los cálculos efectuados y de su interpretación.

## 2.- COMPARACION DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS ROCAS CON OTROS VALORES MEDIOS REPRESENTATIVOS.

En la tabla I (a) figuran algunas medias de rocas graníticas de composiciones apropiadas con el fin de establecer términos de comparación con las rocas estudiadas (Tabla I).

Los granitos de dos micas, presentan unos contenidos en sílice próximos, aunque ligeramente inferiores por lo general, a los granitos pobres en Ca, mientras que por el contrario sus concentraciones de Al, Fe, - Mg, Ca y Ti son algo superiores, los alcalis presentan valores análogos y el Mn es algo menor que en los granitos bajos en Ca.

Respecto a los elementos traza, los granitos de dos micas presentan diferencias con los granitos bajos en Ca, con concentraciones notablemente superiores de Rb e inferiores de Ba y Sr. También la relación K/Rb es muy inferior en los granitos de dos micas, siendo en estas rocas propia de tipos litológicos con un grado de diferenciación muy elevado.

Las granodioritas tienen contenidos de Si, Al, - Fe, Mg, Na y K del mismo orden que los granitos altos en Ca, mientras que el Ca es inferior y el K<sub>2</sub>O es - apreciablemente más elevado. El Ti es también algo más alto en las granodioritas. De los elementos traza, el Rb es mucho más elevado, el Ba análogo y el Sr es muy inferior en las granodioritas.

TABLA I (a)

	A	B	C
SiO <sub>2</sub>	67,17	74,23	69,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,49	13,60	14,61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,23	2,03	3,27
MnO	0,07	0,05	0,04
MgO	1,56	0,26	1,35
CaO	3,54	0,71	2,63
Na <sub>2</sub> O	3,83	3,48	3,50
K <sub>2</sub> O	3,03	5,06	3,85
TiO <sub>2</sub>	0,40	0,14	0,47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,21	0,14	0,20
H <sub>2</sub> O	n. d.	n. d.	1,02
Rb	110	170	207
Ba	420	840	430
Sr	440	100	127
K/Rb	229	247	159

A Media de granitos con alto contenido en Ca  
 (TUREKIAN y WEDEPOHL 1961)

B Media de granitos con bajo contenido en Ca  
 (TUREKIAN y WEDEPOHL 1961)

C Media de granitos del Sistema Central Español  
 (APARICIO et al. 1975)

Al comparar estas rocas con las rocas graníticas - del Sistema Central Español, vemos que las primeras - son algo menos diferenciadas, con unas mayores concentraciones de elementos básicos, pero con un contenido en K<sub>2</sub>O algo superior. El valor del Ba es análogo, y - son bastante superiores las concentraciones de Sr y - Ba.

El análisis de la supuesta cuarzodiorita, se en - cuentra de lleno en el rango de variación de las grano dioritas.

Las rocas migmatíticas y ortogneises, con pequeñas variaciones presentan un quimismo granitoide con pau - tas muy similares a las de los granitos de dos micas.

### 3.- CALCULO DE LA NORMA CIPW

El cálculo de la norma se ha realizado según los métodos clásicos y los resultados obtenidos para esta serie de rocas, figuran en la Tabla II. En esta Tabla, a continuación de los valores normativos, se han expresado el índice de diferenciación I. D. THORNTON Y TUTTLE (1960), y la proporción de anortita en la plagioclasa normativa.

Dado que en los análisis realizados, el hierro se ha determinado como  $Fe_2O_3$ , las proporciones de FeO y  $Fe_2O_3$  se han calculado de forma teórica a partir de la proporción entre estos óxidos según la media de NOCKOLDS (1959) para rocas ígneas ácidas, mientras que la relación en la anfibolita se ha determinado según una media de anfibolitas en ROSLER y LANGE (1972).

En este caso el índice de diferenciación I. D. está representado por la suma de cuarzo, albita y ortosa de la norma, ya que todas las rocas son saturadas en cuarzo. Este índice será el valor utilizado en todos los diagramas binarios como representativo del grado de evolución. A primera vista, este parámetro indica que los granitos de dos micas son rocas muy diferenciadas, ya que en ellas alcanza valores constantemente superiores a 80, mientras que en las granodioritas no llega a superar esta cota.

Otra diferencia entre los granitos de dos micas y las granodioritas queda claramente reflejada en la proporción de anortita en la plagioclasa normativa. Esta proporción es apreciablemente más elevada en las granodioritas, aunque en alguno de los granitos alcance valores próximos a este rango.

TABLA II

N.ROCA	AP	ILM	OR	MT	AN	C	DI	HY	AB	Q	ID	AN/AN+AB
1	0.32	0.47	16.25	1.59	9.80	1.69	0.00	2.59	33.51	32.89	82.65	0.23
2	0.23	0.47	28.84	1.20	1.53	4.26	0.00	1.71	22.85	37.64	89.33	0.06
3	0.42	0.38	30.61	1.26	2.20	3.21	0.00	2.11	23.52	34.76	88.90	0.09
4	0.05	0.19	32.80	1.49	4.14	2.63	0.00	2.81	20.82	34.65	88.27	0.17
5	0.09	0.21	19.44	1.23	7.18	0.46	0.00	2.21	33.51	34.66	87.61	0.18
6	0.07	0.27	29.02	1.28	3.23	2.32	0.00	2.27	26.32	34.27	89.61	0.11
7	0.16	0.19	27.07	1.12	1.53	2.85	0.00	1.98	30.38	33.32	90.77	0.05
8	0.30	0.21	22.72	1.04	4.06	0.97	0.00	1.99	31.99	29.12	89.83	0.11
9	0.32	0.32	35.04	1.22	1.37	3.18	0.00	2.07	17.94	37.16	90.15	0.07
10	0.14	0.27	29.13	1.45	4.27	3.62	0.00	2.70	23.44	33.43	86.01	0.15
11	0.16	0.47	31.85	1.83	4.65	2.27	0.00	3.21	23.36	31.47	86.68	0.17
12	0.07	0.28	30.55	1.36	5.06	2.60	0.00	2.35	24.29	31.31	86.15	0.17
13	0.12	1.03	31.14	2.09	5.58	3.30	0.00	3.46	21.16	31.38	83.68	0.21
14	0.37	1.23	25.77	1.91	8.58	3.20	0.00	2.93	22.59	32.01	80.37	0.28
15	0.16	0.47	30.79	1.32	2.27	3.55	0.00	2.12	23.02	36.35	90.15	0.09
16	0.25	0.55	31.95	1.28	2.95	2.06	0.00	1.92	27.59	31.05	90.49	0.10
17	0.09	0.47	27.30	1.42	3.86	1.49	0.00	2.45	25.98	35.36	88.65	0.13
18	0.35	1.16	29.08	2.36	11.27	2.22	0.00	7.31	22.59	22.17	73.84	0.33
19	0.51	2.62	23.46	2.99	15.28	3.68	0.00	9.56	23.95	16.77	64.18	0.39
20	0.46	1.63	24.82	1.81	8.81	2.51	0.00	4.09	25.39	28.84	79.05	0.26
21	0.28	0.47	24.05	2.09	11.49	0.00	0.27	5.52	28.43	27.24	79.73	0.29
22	0.30	0.80	28.78	2.67	12.74	0.50	0.00	7.90	25.22	20.30	74.30	0.34
23	0.07	0.66	27.30	2.03	11.61	0.87	0.00	4.13	27.76	24.44	79.50	0.29
24	0.21	0.93	27.84	2.74	12.35	0.00	0.85	8.09	23.61	21.92	73.37	0.34
25	0.19	0.13	29.37	1.36	0.72	4.69	0.00	2.46	23.19	37.06	89.62	0.03
26	0.07	0.06	30.79	0.87	4.02	2.91	0.00	1.83	20.82	37.96	89.57	0.16
27	0.19	0.38	29.37	1.15	1.36	5.16	0.00	1.65	25.05	35.42	89.84	0.05
28	0.28	0.36	24.23	1.57	0.01	7.69	0.00	2.70	19.63	43.12	86.98	0.00
29	0.23	0.40	26.53	1.29	4.61	2.59	0.00	2.19	25.30	34.97	86.80	0.15
30	0.28	3.46	3.66	6.35	38.41	0.67	0.00	21.38	16.92	4.42	25.01	0.69

También se observan diferencias de menor cuantía para otros componenetes normativos entre granitos y granodioritas. Estas diferencias se pueden sintetizar en una mayor abundancia por término medio de componentes básicos (Ilm. Mt, An, Hy) y una menor proporción de Q en las granodioritas.

El análisis de la roca petrográficamente considerada como cuarzodiorita presenta características normativas completamente análogas a las granodioritas, situándose en sus límites de variación.

La gran mayoría de las rocas graníticas, tanto granitos de dos micas como granodioritas, tienen exceso de aluminio que se manifiesta en la presencia de corindón normativo, aunque una granodiorita y la supuesta cuarzodiorita presenten una pequeña proporción de diopsido normativo.

De las restantes rocas analizadas, las migmatitas y los ortogneises tienen una composición muy cuarzofeldespática y muy diferenciadas. En uno de los ortogneises resalta la gran escasez de anortita, que se traduce en una plagioclasa de composición prácticamente albítica. Dado el escaso número de datos disponibles sobre estas rocas, poco más se puede deducir de una composición normativa, ya que está en un primer examen no resulta discordante con las observaciones petrográficas y de campo, poniendo exclusivamente de manifiesto una gran semejanza con rocas de carácter granitoide.

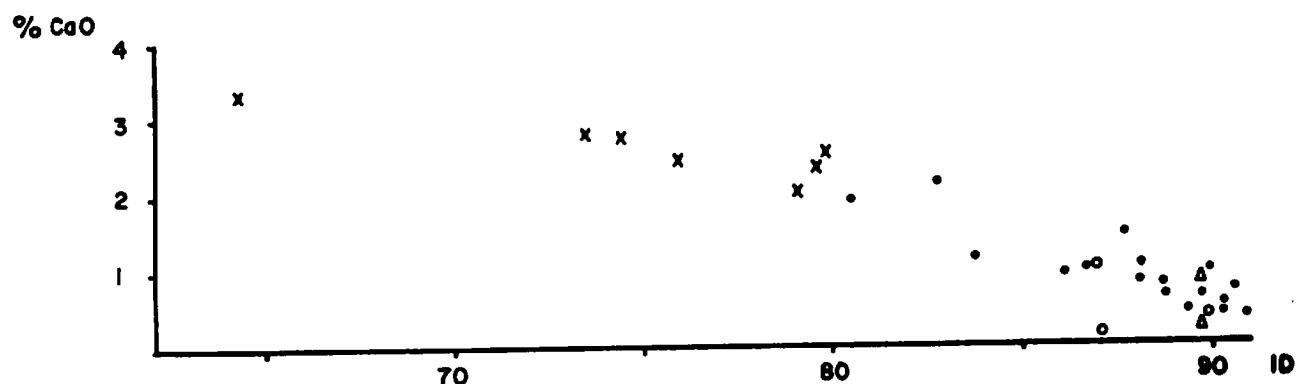
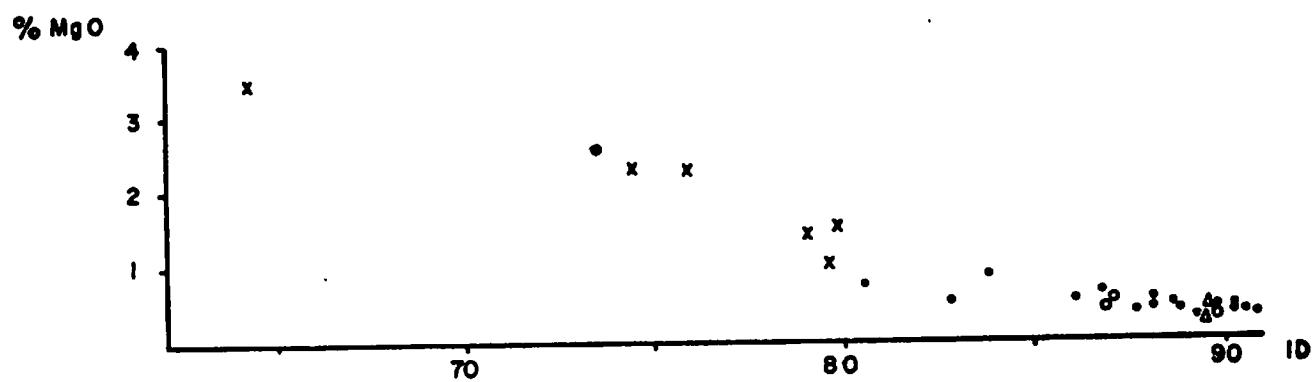
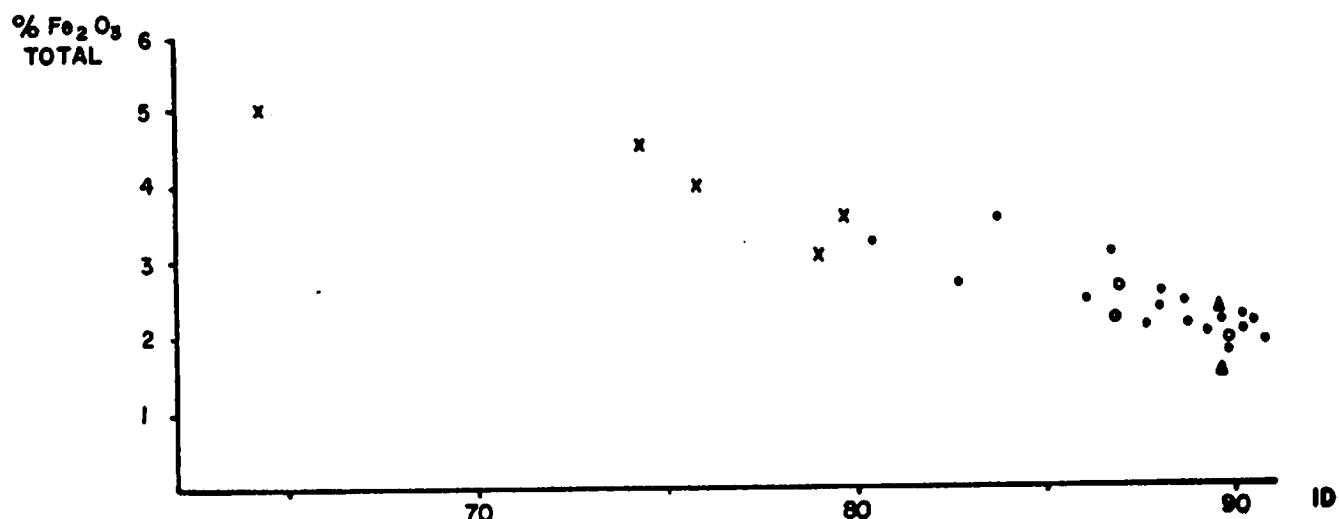
El análisis de la ortoanfibolita corresponde a una roca de bajo grado de diferenciación, con una plagioclasa bastante anortítica y un alto contenido en ferromagnesianos. Ya que en este caso el contenido en Fe es muy elevado y la proporción de FeO se ha establecido de forma teórica, la composición normativa puede ser poco significativa ya que se puede incorporar mucho más o menos hierro a los opacos de manera artificiosa, desviándose por tanto del cálculo de los ferromagnesianos. Esta roca es ligeramente saturada en Cuarzo y si en el metamorfismo no ha sufrido una fuerte transformación química correspondería a una roca con una relación Fe/Mg muy elevada para su basicidad.

#### 4.- DIAGRAMAS BINARIOS FRENTE AL INDICE DE DIFERENCIA- CION (I. D.)

Se han realizado esta serie de diagramas con objeto de visualizar las tendencias de variación de los elementos mayores más significativos, de los elementos traza y algunas relaciones interelementales importantes en la serie de rocas graníticas analizadas. En estos mismos diagramas se han representado las restantes rocas (excepto la ortoanfibolita), ya que por su naturaleza migmatítica (en relación con la génesis de granitoides) o por un carácter ortoderivado, resulta interesante su comparación frente al químismo de la serie granítica.

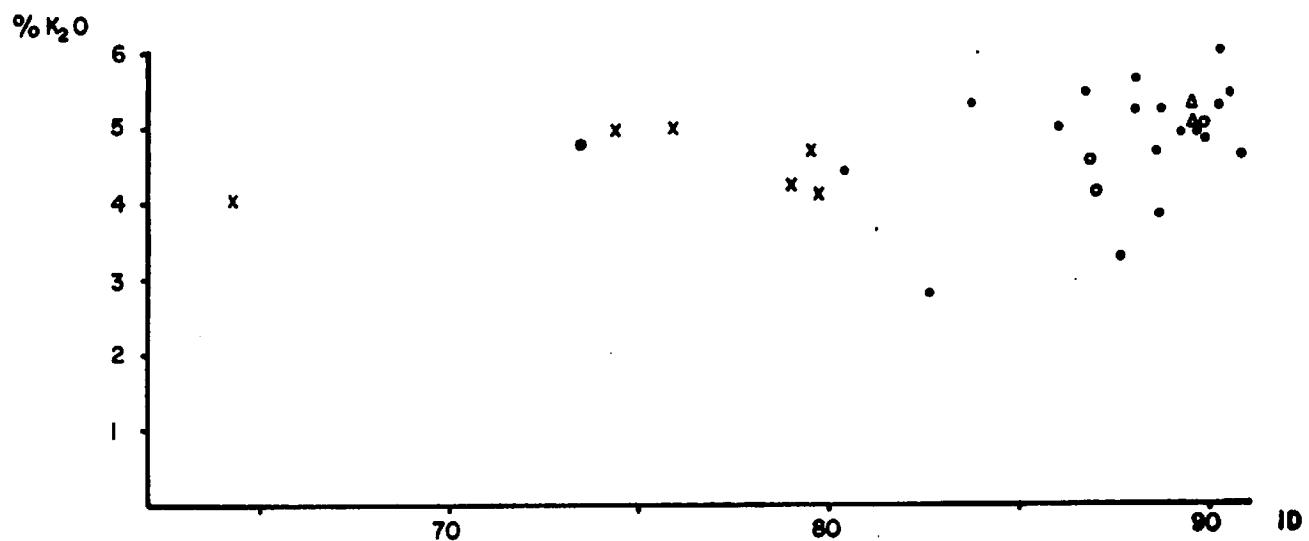
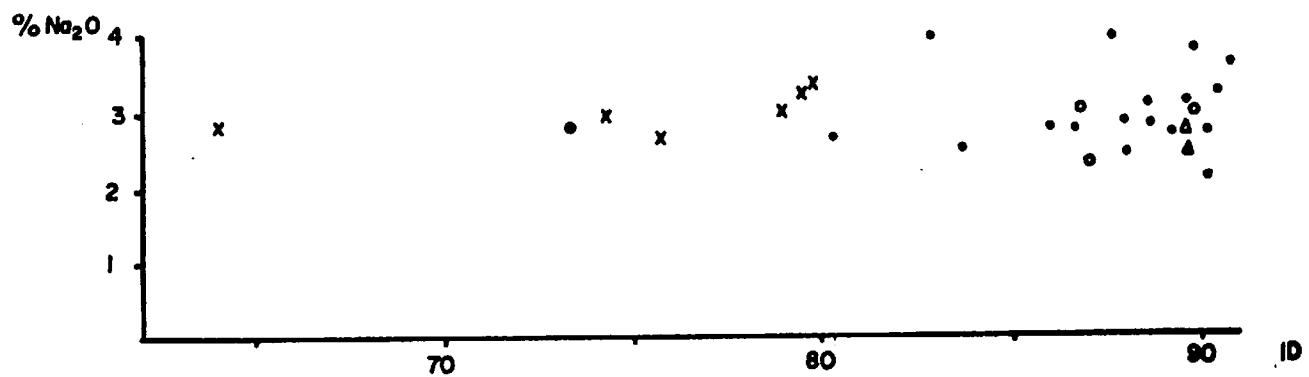
Respecto a los elementos mayores considerados (figura 1) se aprecia una neta disminución del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (total), MgO y CaO según aumenta la diferenciación. Estos óxidos son más abundantes en las rocas del conjunto granodiorítico, observándose una aparente continuidad evolutiva entre granitos de dos micas y granodioritas en estos diagramas. Las disminuciones de estos óxidos en las rocas más diferenciadas se refleja en menores contenidos de biotita y en una plagioclasa progresivamente más albítica.

El  $\text{Na}_2\text{O}$  y el  $\text{K}_2\text{O}$  no presentan unas líneas de variación netas, observándose un aumento en la dispersión hacia los términos más diferenciados. Estas tendencias imprecisas, se relacionan en el caso del  $\text{K}_2\text{O}$  con su asociación a diversos minerales, ya que este elemento no se encuentra controlado por la biotita y por el feldespato potásico y la moscovita, cuyas variaciones son antagónicas con las del primer mineral.



- Granitos de dos micas
- ✗ Granodioritas
- Cuarzdioritas
- ▲ Migmatitas
- Ortogneises

FIG. 1



- Granitos de dos micas
- ✗ Granodioritas
- Cuarzodioritas
- △ Migmatitas
- Ortogneises

FIG. 1(continuación)

En el caso del  $\text{Na}_2\text{O}$ , por una parte la plagioclasa se hace más sódica según aumenta la diferenciación, pero también disminuye la cantidad de plagioclasa en el mismo sentido, condicionando este hecho la escasa variación observada para el  $\text{Na}_2\text{O}$ .

Resulta destacable la abundancia de  $\text{K}_2\text{O}$  de las rocas granodioríticas para su grado de diferenciación.

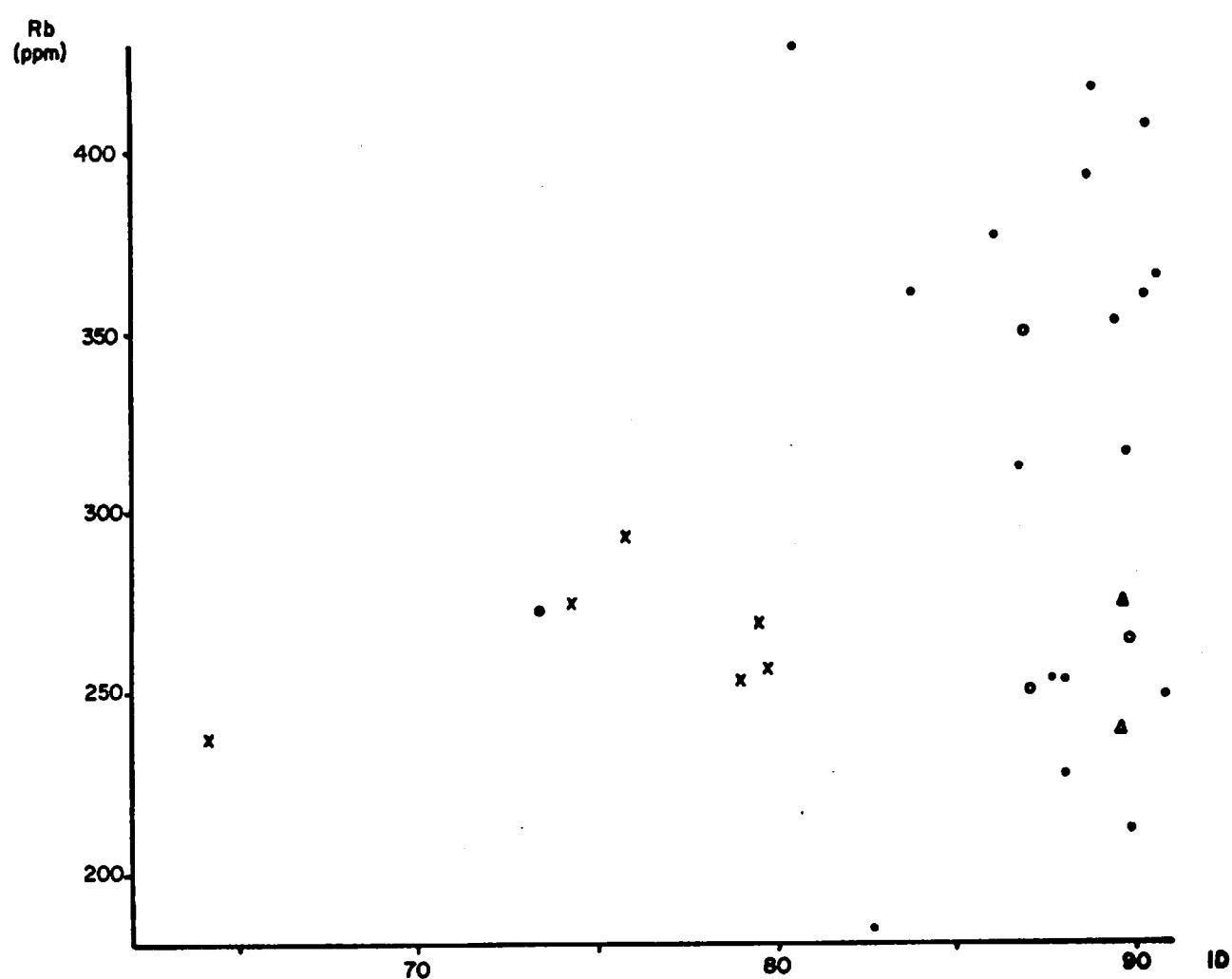
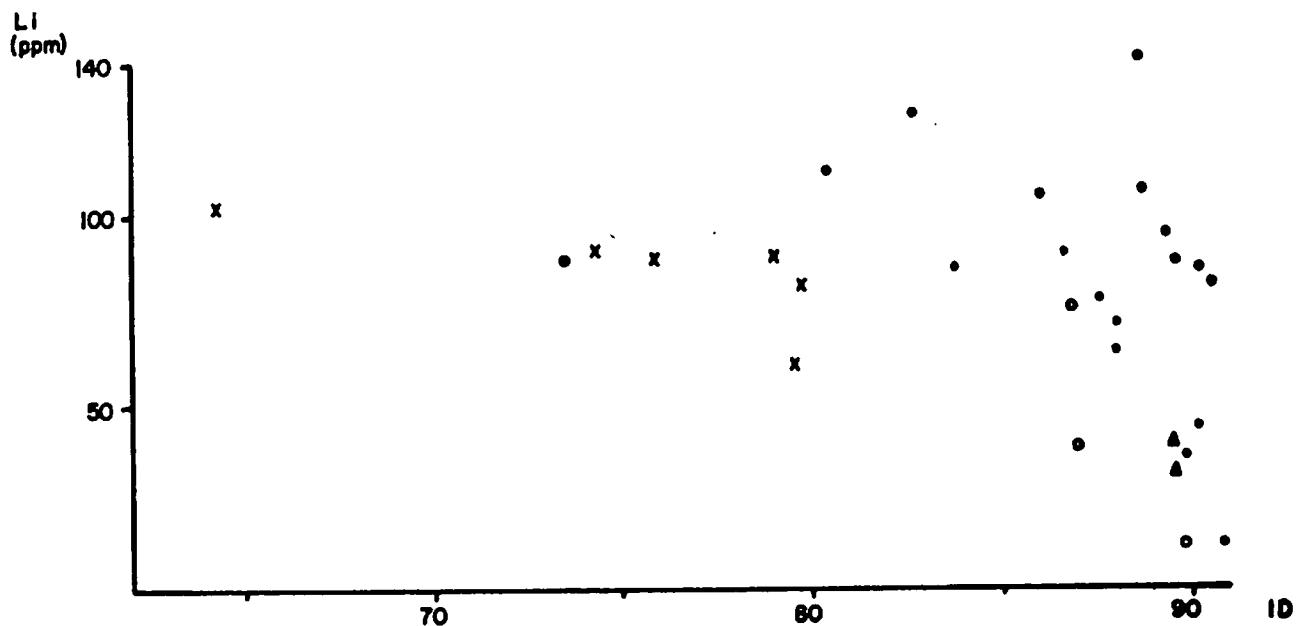
De nuevo el análisis de la cuarzodiorita se sitúa entre las pautas de variación de las granodioritas.

Los análisis de las migmatitas y de los ortogneises se disponen en el campo evolutivo de las rocas graníticas, no presentando características distintivas sistemáticas.

Los elementos traza (fig. 2), presentan tendencias de variación bastante dispares.

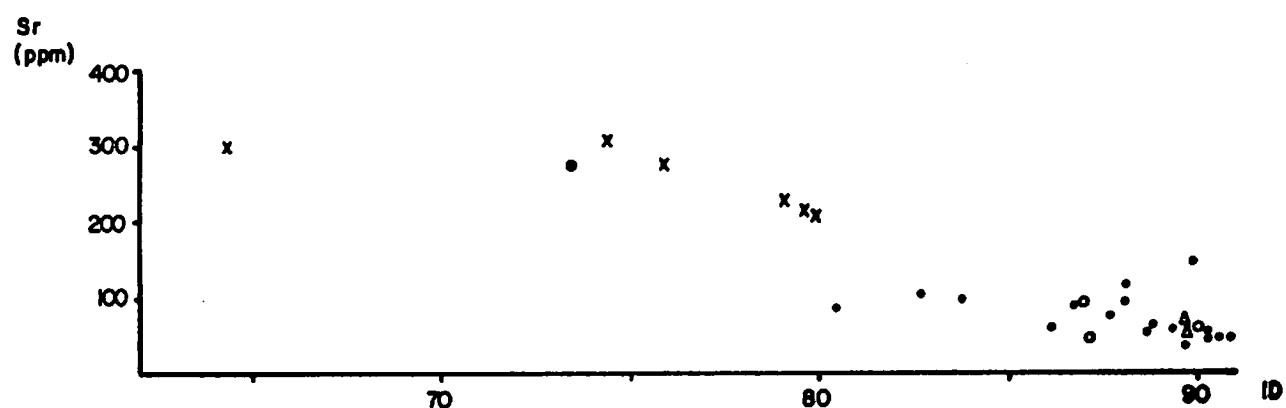
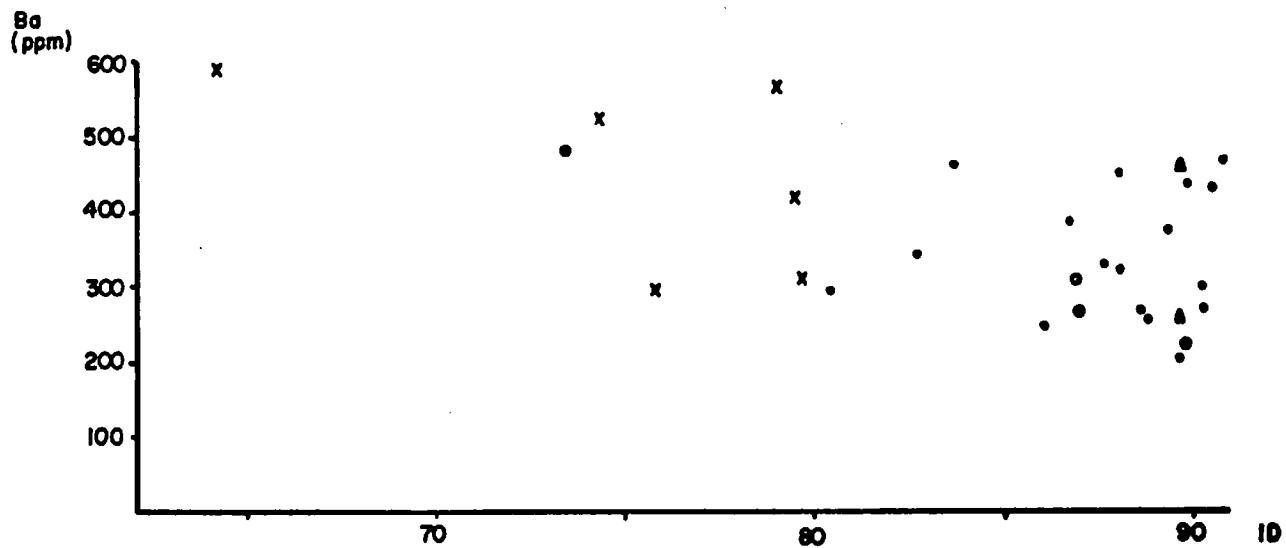
El litio en las granodioritas tiene un margen de variación relativamente pequeño, mientras que en los granitos de dos micas tiene una fuerte dispersión con tendencia a disminuir. En las migmatitas y los ortogneises se mantiene bajo los niveles medios de las rocas graníticas.

El Rubidio presenta unos contenidos medios muy altos y una gran dispersión, alcanzando concentraciones muy considerables en algunos granitos de dos micas, aunque en otras de estas rocas se encuentran valores más bajos que en las granodioritas. Las migmatitas y los ortogneises, por lo general se sitúan entre cotas medias a bajas respecto al conjunto granítico. La dispersión observada en los granitos de dos micas puede estar en relación con transformaciones tardías.



- Granitos de dos micas
- ×
- Granodioritas
- Cuarzdioritas
- ▲ Migmatitas
- Ortogneises

**FIG. 2**



- Granitos de dos micas
- ✗ Granodioritas
- Cuarzodioritos
- ▲ Migmatitas
- Ortogneises

**FIG. 2 (continuación)**

El Bario tiene una tendencia difusa a la disminución en las rocas más diferenciadas y es ligeramente más abundante en las granodioritas, presentando una gran dispersión en los granitos de dos micas. En las migmatitas y los ortogneises las concentraciones de Ba tienen tendencia asituararse en los límites inferiores de los granitos.

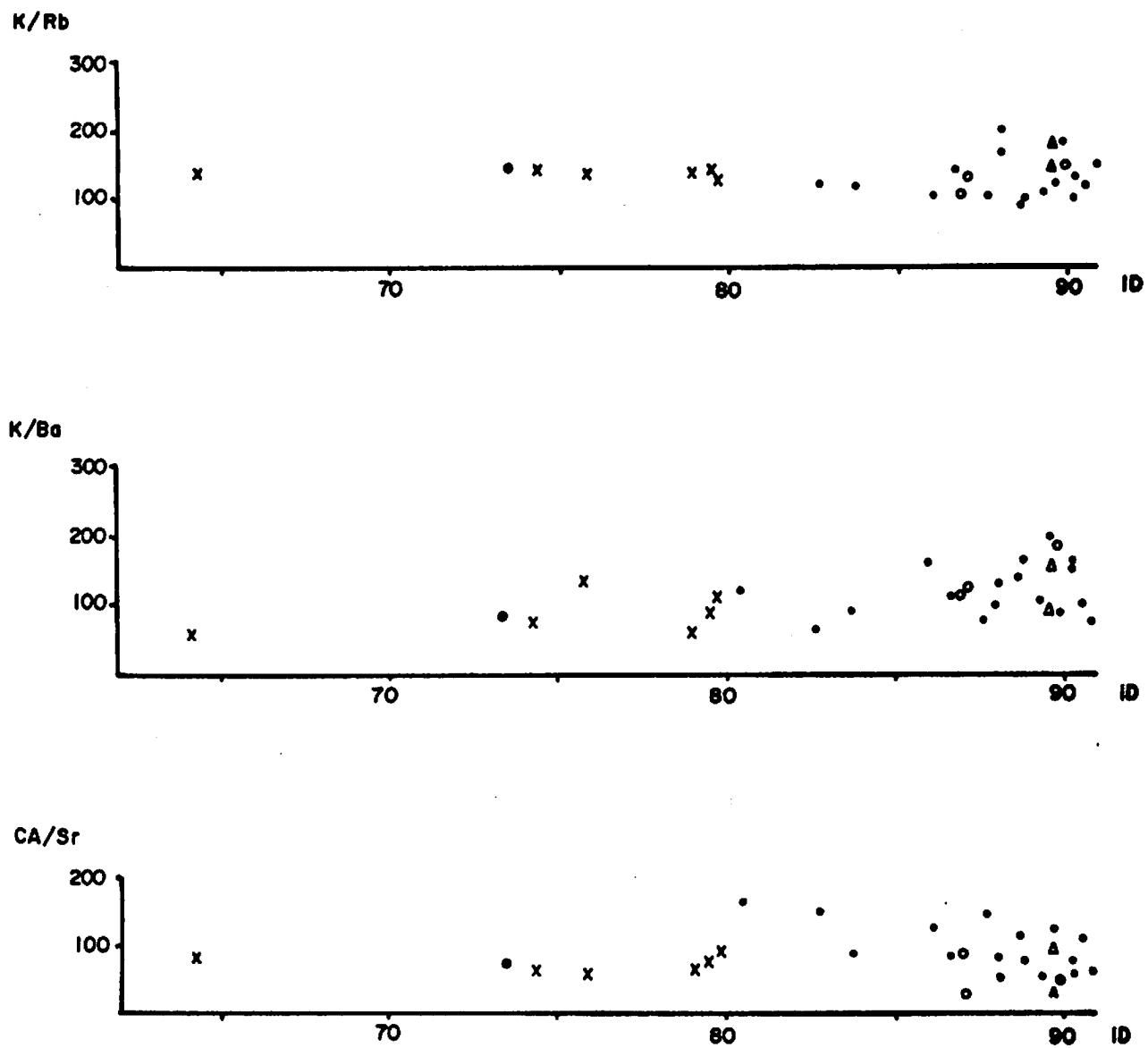
El Estroncio en granodioritas y granitos de dos micas tiene una clara tendencia a la disminución, alcanzando concentraciones apreciablemente más elevadas en las primeras. Este elemento sigue con gran paralelismo el comportamiento del Ca y como veremos más adelante la relación Ca/Sr no presenta una variación acentuada. Los ortogneises y migmatitas se sitúan dentro de los límites de variabilidad de los granitos.

Las relaciones interelementales (fig. 3) no presentan variaciones muy ostensibles.

La relación K/Rb a pesar de la dispersión que presenta en los granitos, tiende a ser en estas rocas inferior a la de las granodioritas, siendo en ambos casos bastante bajas y propia de rocas muy evolucionadas.

La relación K/Ba tiende a ser más elevada en los granitos y a pesar de la dispersión parece aumentar con el índice de diferenciación.

El valor Ca/Sr es ligeramente superior en los granitos que en las granodioritas, pero no presenta mucha tendencia a la variación debido a que la evolución del Ca y el Sr es bastante paralela.



- Granitos de dos micas
- ×
- Cuarzodioritas
- △ Migmatitas
- Ortogneises

FIG. 3

En todas estas observaciones realizadas no se han encontrado diferencias manifiestas que permitan la discriminación química entre los granitos y las migmatitas y los ortogneises.

Atendiendo a los granitos de dos micas y a las granodioritas, las principales diferencias estriban en los más elevados contenidos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (total),  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{Sr}$  de las granodioritas, si bien en los diagramas evolutivos no se aprecia una fuerte discontinuidad entre las rocas de las dos series.

5.- COEFICIENTES DE CORRELACION INTERELEMENTALES (rocas graníticas).

Con el fin de comprobar la dependencia entre los distintos elementos y sus variaciones relativas, se han calculado los siguientes coeficientes de correlación en cada una de las dos series:

Tabla III Coeficientes de correlación entre elementos - mayores (granitos de dos micas).

Tabla IV Coeficientes de correlación entre elementos - mayores - elementos traza (granitos de dos micas).

Tabla V Coeficientes de correlación entre elementos - mayores (granodioritas).

Tabla VI Coeficientes de correlación entre elementos - mayores - elementos traza (granodioritas).

En estos cálculos tenemos una serie de limitaciones a la hora de realizar la interpretación, como son la escasez de datos disponibles sobre las granodioritas y la presencia de correlaciones inducidas entre elementos que varían en paralelo pero que no tienen asociación geoquímica. Sin embargo, una vez hechas estas salvedades, los coeficientes de correlación nos permiten una buena visualización del conjunto de variaciones.

Del estudio de las Tablas III y V puede observarse que  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  son los únicos óxidos que presentan correlación positiva, aunque a veces insignificante respecto a  $\text{SiO}_2$ . Este hecho se encuentra en relación con el aumento de Cuarzo, Albita (en plagioclasa), feldespato potásico y moscovita al aumentar la diferenciación. Por el contrario  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (total),  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{TiO}_2$  fundamentalmente presentan correlación negativa con -

TABLA III

TABLA IV

	Li	Rb	Ba	Sr
SiO <sub>2</sub>	-0.22	-0.13	-0.13	-0.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.13	0.15	0.13	0.19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.46	0.23	0.10	0.28
FeO	0.46	0.23	0.09	0.28
MnO	0.70	0.39	-0.37	-0.47
MgO	0.33	0.23	0.13	0.35
CaO	0.45	-0.26	-0.02	0.51
Na <sub>2</sub> O	-0.06	-0.60	0.16	0.18
K <sub>2</sub> O	-0.33	0.41	0.10	-0.14
TiO <sub>2</sub>	0.43	0.53	0.04	0.47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.25	-0.07	0.08

TABLA V

TABLA VI

	Li	Rb	Ba	Sr
SiO <sub>2</sub>	-0.68	0.23	-0.50	-0.83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.54	-0.32	0.50	0.66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.65	-0.15	0.35	0.88
FeO	0.65	-0.15	0.36	0.89
MnO	0.70	-0.21	0.15	0.70
MgO	0.85	-0.24	0.40	0.86
CaO	0.56	-0.39	0.32	0.67
Na <sub>2</sub> O	-0.68	-0.27	-0.22	-0.79
K <sub>2</sub> O	-0.28	0.94	-0.35	0.33
TiO <sub>2</sub>	0.71	-0.58	0.68	0.48
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.93	-0.46	0.55	0.46

$\text{SiO}_2$  y positiva entre ellos. Esto es debido a la relación inversa entre la adidez de la roca y el contenido en biotita y anortita en la plagioclasa, ya que estos óxidos son los principales constituyentes de dichos minerales. La correlación existente entre  $\text{CaO}$  y los óxidos ferromagnesianos se debe a la variación en paralelo del contenido en anortita en la plagioclasa y el contenido en biotita en la roca.

$\text{FeO}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tienen los mismos coeficientes de correlación ya que la relación entre ellos es constante a causa de un cálculo teórico.

Las variaciones observadas en granodioritas y granitos de dos micas son equivalentes salvo pequeñas diferencias, lo que nos indica que sus mecanismos de variación geoquímica no han debido ser muy distintos, estando controlados por las mismas fases minerales.

Las tablas IV y VI ponen de manifiesto las dependencias entre elementos mayores y elementos traza.

El Litio en granodioritas y granitos de dos micas tiene correlación negativa con  $\text{SiO}_2$ - $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  y positivas con los óxidos de carácter ferromagnesiano, indican do su dependencia de la biotita.

El rubidio presenta correlación positiva con el  $\text{K}_2\text{O}$  en los dos tipos de roca. En las granodioritas también tiene correlación positiva frente a  $\text{SiO}_2$ , siendo negativa frente al resto de los elementos. Esto pone de manifiesto una dependencia positiva frente al grado de diferenciación, y fundamentalmente del feldespato potásico.

En los granitos de dos micas la conducta del Rubidio aparece más compleja. Se observa antagonismo con  $\text{SiO}_2$ , CaO y sobre todo con el  $\text{Na}_2\text{O}$ , lo que parece indicar una antipatía por la plagioclasa, que es el mineral que controla prácticamente a CaO y  $\text{Na}_2\text{O}$ . También se observan correlaciones positivas con los ferromagnesianos, evidenciando este hecho la influencia de la biotita en el comportamiento del Rb.

Las moscovitzaciones tardías, frecuentes en los granitos de dos micas deben jugar un importante papel en el comportamiento de este elemento, siendo en gran parte responsables de la dispersión de valores.

El Bario en las granodioritas presenta buena correlación positiva frente a los óxidos ferromagnesianos, debido a que en estas rocas es controlado por la biotita. En los granitos de dos micas tiene correlaciones poco significativas, lo que posiblemente se debe a un fuerte control por procesos tardíos, relativamente independientes de las características composicionales primarias.

El Sr en granitos de dos micas y granodioritas presenta dependencia positiva del CaO y de los elementos que indican características menos diferenciadas, poniendo de manifiesto un control por parte de la plagioclasa y preferentemente por la de composición más cálcica, estando los términos diferenciados más albiticos, empobrecidos en Sr.

#### 6.- DIAGRAMA A-F-M. (Rocas graníticas).

En el diagrama A-F-M (fig. 4) se han representado los análisis de los granitos de dos micas, granodioritas y cuarzodiorita con objeto de determinar las líneas de variación seguidas por estas rocas.

En él, podemos ver que el conjunto de rocas sigue una evolución bastante típica de una serie plutónica de carácter calcoalcalina.

Las granodioritas ocupan los términos menos diferenciados de la serie, ocupando un margen de variación relativamente amplio en el que queda abarcada la supuesta coarzodiorita.

Los granitos de dos micas se sitúan a continuación de las granodioritas, agrupándose en su mayoría en el extremo más diferenciado de la serie. No obstante, algunas de las rocas de dos micas prácticamente llegan a enlazar con los términos más evolucionados de las grano-dioritas.

Examinando este diagrama y en función de los datos disponibles no resulta claro el determinar si ambos tipos de rocas constituyen series evolutivas independientes que presentan una convergencia casual o bien se trata de distintas familias de una misma serie.

En el grupo de granitos de dos micas parece que se observa una mayor rapidez en el aumento en alcalis que en la serie de rocas granodioríticas, pero el hecho de disponer de pocos puntos en el extremo más básico de la linea evolutiva de los granitos de dos micas no permite descartar la posibilidad de que se trate de un cambio progresivo de la velocidad de enriquecimiento en alcalis sin necesidad de recurrir a las series de génesis - independiente.

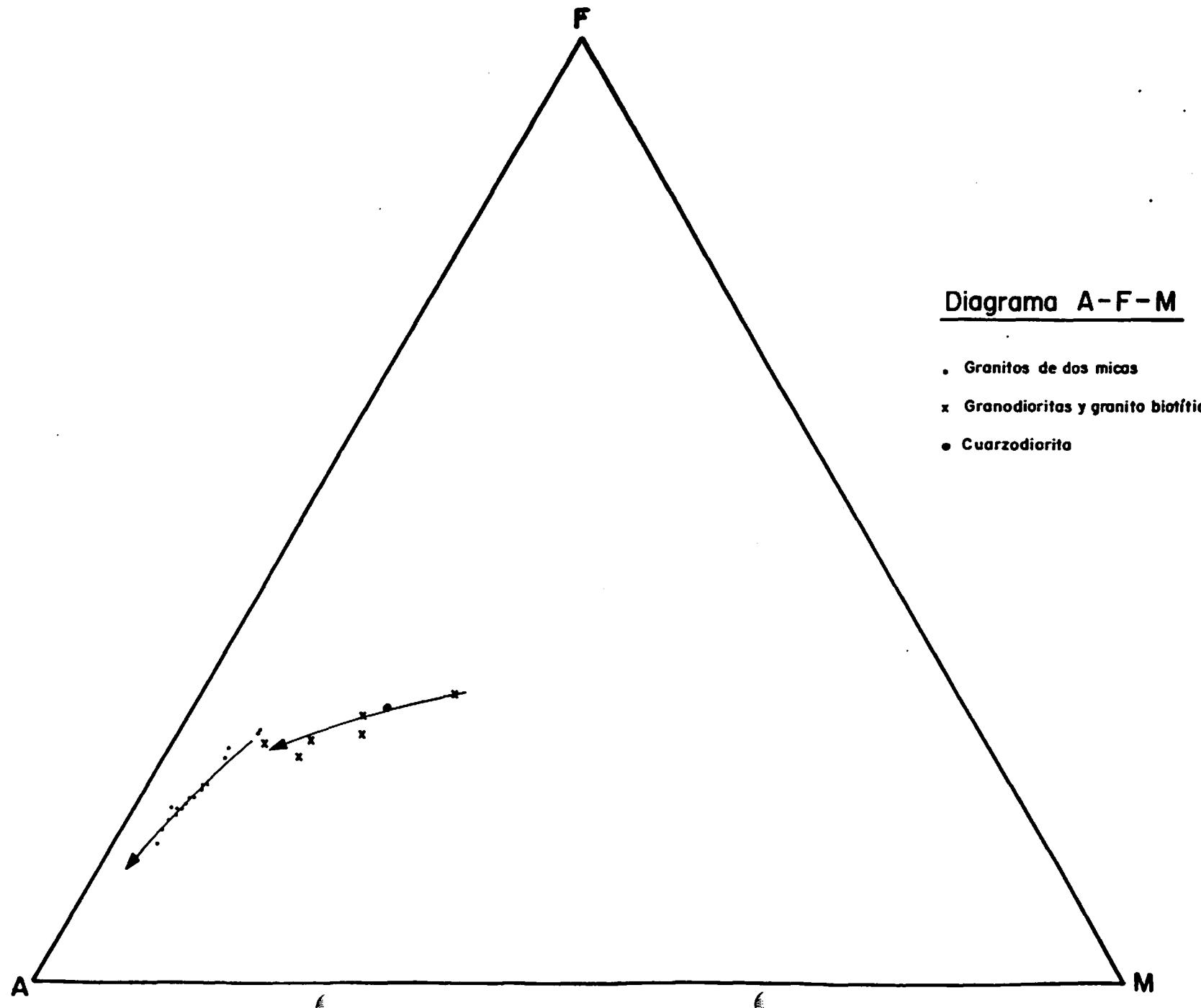


FIG. 4

### 7.- DIAGRAMA Q-Ab-Or

En este diagrama (fig. 5) se han representado los granitos de dos micas y las granodioritas con I. D. próximos a 80. Esta restricción se ha impuesto con el fin de que las composiciones de las rocas proyectadas sean las menores posibles a las de los sistemas experimentales y por tanto las derivaciones respecto a ellas sean lo menores posibles. No obstante, la dispersión de los puntos es considerable, encontrándose que algunas de las rocas consideradas se separan bastante del conjunto.

Las granodioritas proyectadas se sitúan dentro del campo de variación de los granitos de dos micas, si bien presentan una tendencia a situarse en el extremo más albitico.

Aunque las rocas migmatíticas analizadas no se han proyectado en este gráfico, se sitúan de lleno en el campo de las rocas graníticas, hecho que puede interpretarse como la existencia de un cierto grado de convergencia en las condiciones genéticas de estas rocas.

Las desviaciones observadas en algunos de los granitos de dos micas posiblemente son debidas a la superposición de algún fenómeno distinto al proceso general, que se traduce en una pérdida de Q respecto a las demás rocas.

El centro de gravedad de los puntos representativos de estas rocas se encuentran desviadas respecto a los mínimos experimentales proyectados en la gráfica ya que esta serie de rocas presentan una relación Ab/An próxima a 6 y por tanto se encuentran desplazadas hacia el vértice de la ortosa respecto a la linea teórica de evolución de los mínimos de fusión correspondientes a sistemas con relaciones Ab/An aproximadas y en un campo de presiones razonable. Este hecho se encuentra de acuerdo con las elevadas concentraciones de  $K_2O$  determinadas en estas rocas.

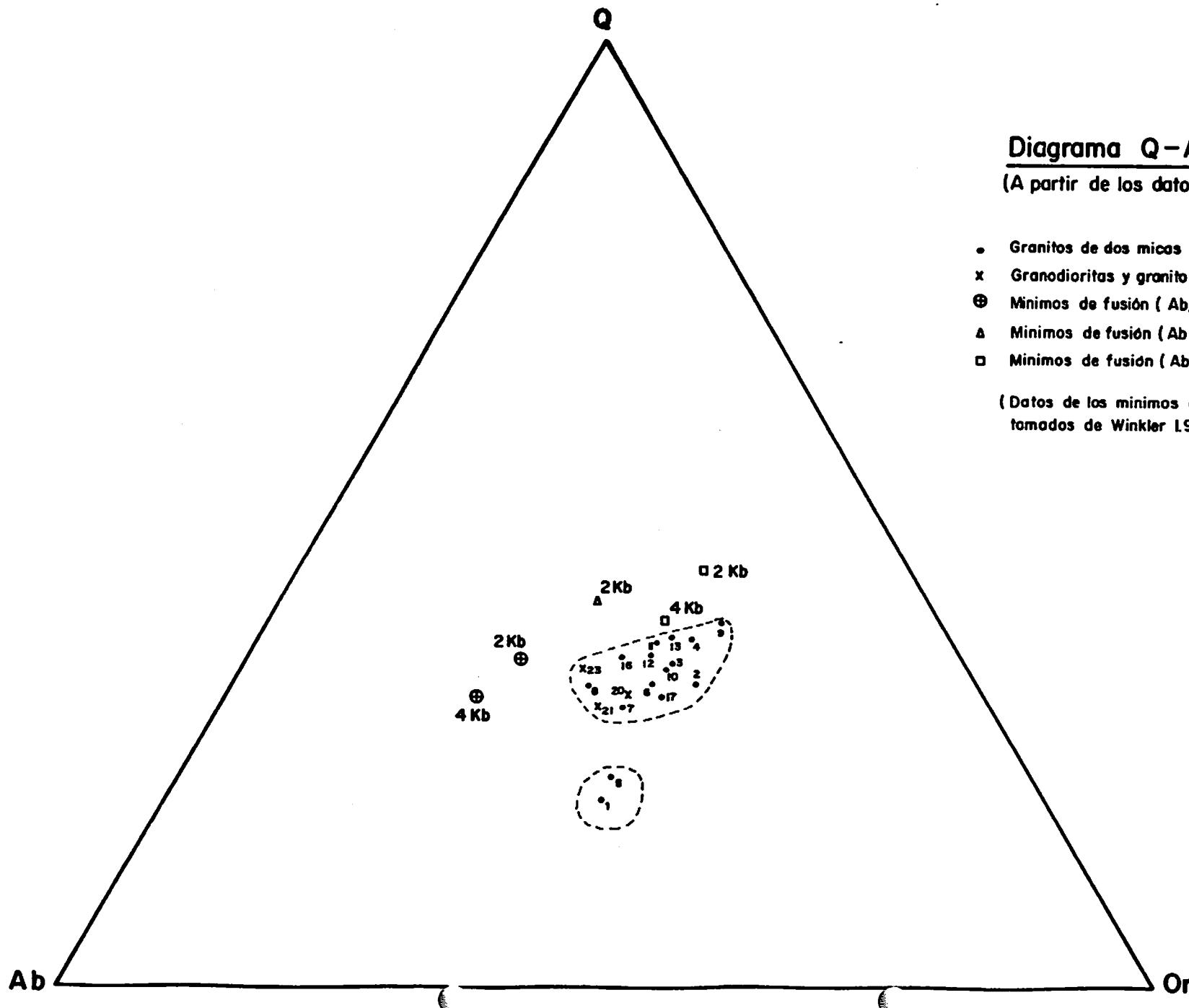


Diagrama Q-Ab-Or

(A partir de los datos de la norma C.I.P.W.)

- Granitos de dos micas
- × Granodioritas y granito biotítico
- ⊕ Mínimos de fusión ( $\text{Ab}/\text{An} = \infty$ )
- △ Mínimos de fusión ( $\text{Ab}/\text{An} = 5.2$ )
- Mínimos de fusión ( $\text{Ab}/\text{An} = 2.9$ )

(Datos de los mínimos de fusión tomados de Winkler 1976)

FIG. 5

#### 8.- DIAGRAMA Ba-Rb-Sr

Este diagrama ha sido utilizado con éxito en el establecimiento de tendencias de diferenciación en series graníticas (El Beureily and El Sckkary 1975) ya que la relación entre estos tres elementos es muy sensible a los cambios evolutivos en las secuencias petrológicas - de carácter calcoalcalino.

Las agrupaciones de las granodioritas y de los granitos de dos micas muestran con los datos disponibles - líneas de variación diferentes, quedando netamente separados sus campos (fig. 6).

Las migmatitas y los ortogneises se encuentran en - tre los límites de variación de los granitos de dos micas. Este hecho no resulta discordante con una hipotética génesis de granitos de dos micas en relación con procesos anatécticos sobre estos materiales.

Este diagrama es el que se ha mostrado más efectivo en la discriminación geoquímica entre las rocas grano - dioríticas y los granitos de dos micas, presentando según se ha visto previamente una separación bastante neta entre sus campos así como diferentes líneas de variación.

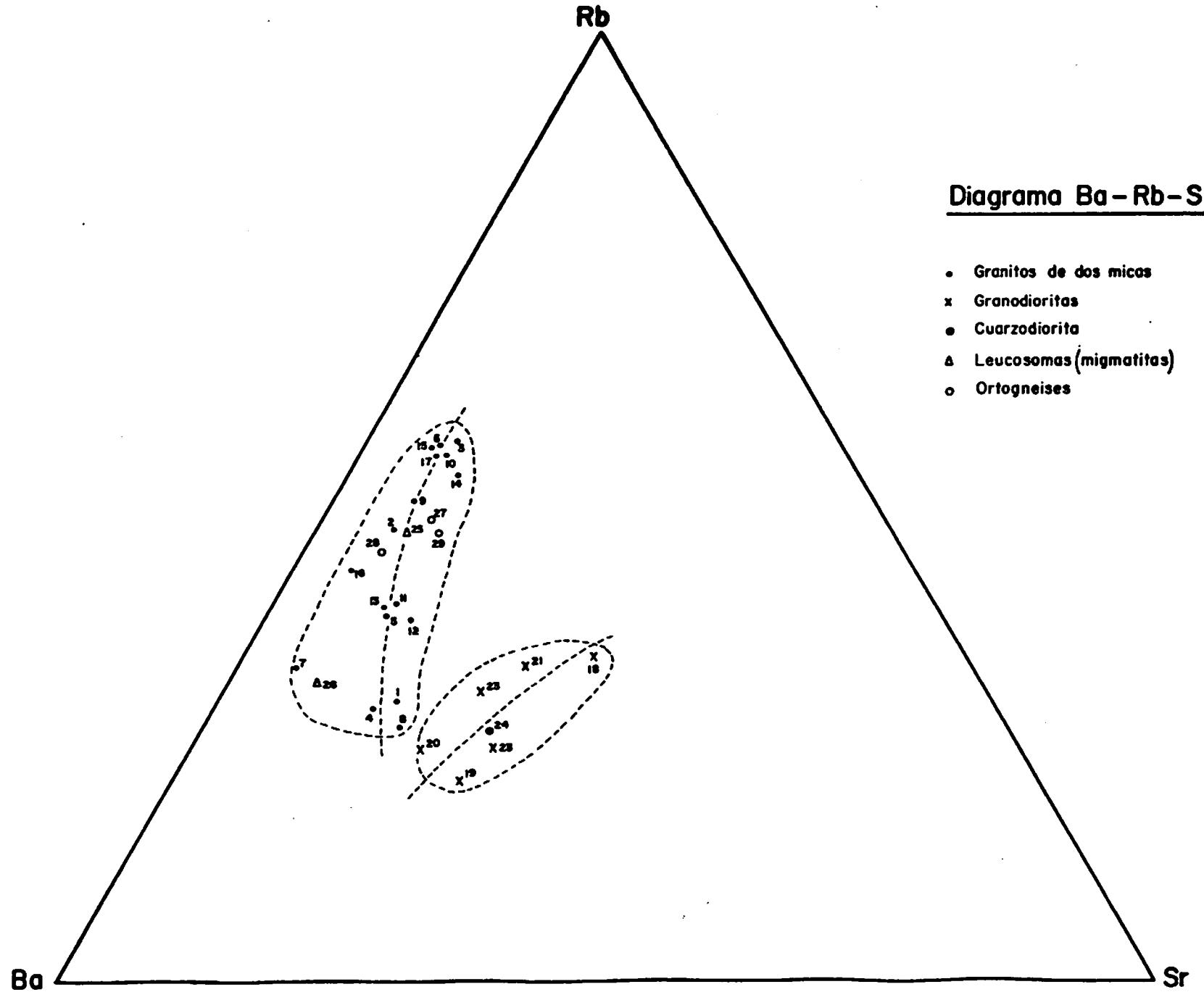


FIG. 6

#### 9.- BIBLIOGRAFIA

APARICIO, A.; BARRERA, J. L.; CARBALLO, J. M.; PEINADO, M. y TINAO, J. M. (1975).- Los materiales graníticos - hercínicos del Sistema Central Español.- Mem. Inst. Geol. Min. España, 88.

EL BOUSEILY A. M. AND EL SCKKARY A. A. (1975). The relation between Rb-Ba-Sr in granite rocks Chem. Geol. 16 (207-219).

NOCKOLDS S. R. (1954) Chemical composition of igneous rocks. Bull. Geol. Sec. Am. 65

ROSLER, H. J. and LAUGE, H. (1972) Geochemical tables Elsevier (468 pp).

THORNTEN, C. P. and TUTTLE, O. F. (1960) Chemistry of igneous rocks I: differentiation index. Am. Jour. Sci. 258 (664-684).

TUREKIAN, K. K. AND WEDEPOHL K. M. (1961). Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. Bull. Geol. Soc. Am 72 (175-192).

WINKLER, H. (1976) Petrogenesis of metamorphic rocks (9<sup>th</sup> edition) Springer-Verlag.