

## CONTENIDO Y DISTRIBUCIÓN DE U Y TH EN EL GRANITO DE ALBALÁ (CÁCERES, ESPAÑA)

R. M. REGUILÓN BRAGADO<sup>1</sup>, A. ARRIBAS MORENO<sup>2</sup>

**RESUMEN.**— El granito de Albalá (Cáceres) está constituido por tres facies fundamentales.

La facies I, que son granitos de dos micas con moscovita dominante, posee un tamaño de grano fino a medio. La facies II, o granitos de dos micas con biotita dominante y tamaño de grano fino; y la facies III, o granitos biotíticos, que poseen escasa moscovita y tamaño de grano grueso a muy grueso.

Geoquímicamente son granitos alcalinos con marcado carácter peraluminico.

El fondo geoquímico de uranio está comprendido entre 3 y 26,3 ppm con un contenido medio de 6,7 ppm, mientras que en el caso del torio el fondo es de 3 y 22,4 ppm siendo el contenido medio de 7,97 ppm. Los contenidos más altos en uranio se encuentran en los granitos con biotita dominante de grano fino (facies II), mientras que los de torio se encuentran en los granitos biotíticos (facies III).

Estos contenidos medios son en el caso del uranio, superiores a los dados por ROGERS y ADAMS (1969) para varios granitos mundiales considerados como granitos standards, y que tienen 3,9 ppm, mientras que los de torio, son bastante más bajos que los dados por estos mismos autores para los mismos granitos, y que son de 20 ppm.

El alto contenido medio en uranio del granito de Albalá, en el que se encuentran gran número de indicios de uranio, hace que sea considerado como un granito fértil en uranio.

**SUMMARY.**—The Albalá granite (Cáceres) consist of three main facies. Facies I, made up of medium to coarse two-mica granites with a predominance of muscovite. Facies II, is composed of fine grain two-mica granites with a biotite predominance. Facies III, is made up of coarse grain granites biotitic, with little muscovite.

Geochemically, the granites are alkaline with a marked peraluminous nature.

The uranium concentrations are ranged between 3 and 26.3 ppm, with a mean of 6.97 ppm, whereas those of thorium are 3 and 22.4 ppm and the mean content is 7.97 ppm. The highest uranium contents are found in facies II, within the two-mica granites

<sup>1</sup> Dpto. de Geología (cristalografía y mineralogía). Facultad de Ciencias. 37008 Salamanca.

<sup>2</sup> Mineral Raw Materials. Commission of the European Communities. B 1049, Brussels, Belgium.

with a predominance of biotite, whereas those of thorium contents are found in facies III, of biotitic granites.

In the case of uranium, the mean contents are higher than those reported by ROGERS and ADAMS (1969) for several world granites considered to be standard (3,9 ppm). By contrast, those of thorium are considerably lower than those given by the same authors for the same granites (20 ppm).

The high mean content of uranium in the Albalá granite has that it should be considered as fertile for uranium, with a great number of uranium vestiges.

Palabras clave: granito, geoquímica, uranio, torio, Albalá.

Key words: granite, geochemistry, uranium, thorium, Albalá.

## 1. INTRODUCCIÓN

El plutón granítico de Albalá (Cáceres) se encuentra situado al SE. de Cáceres capital, tiene forma alargada en sentido N-S, mostrando la parte sur una forma más aguda que la norte. La superficie de afloramiento de este granito es de aproximadamente 200 kms cuadrados, y está situado a una altitud media de 500 metros.

El granito de Albalá hizo intrusión en las rocas metasedimentarias fuertemente plegadas que constituyen el Complejo Esquisto Grauváquico de edad preordovícica, y con una composición predominantemente aluminica. En esta zona el C.E.G. presenta un buzamiento vertical o subvertical y en él, la intrusión granítica produjo un metamorfismo de contacto de intensidad variable que dio lugar al desarrollo de pizarras mosqueadas, e incluso cornubianitas cordieríticas. La edad de este granito,  $313 \pm 10$  m.a. (PENHA y ARRIBAS, 1974), corresponde al Westfaliense.

## 2. PETROGRAFÍA

Las rocas que constituyen este plutón son granitos de dos micas, generalmente de colores claros, tamaño de grano medio a grueso y en ocasiones carácter porfiróide. Para su estudio (REGUILÓN, 1988) ha distinguido tres facies petrográficas de acuerdo con el contenido y tipo de micas. Estas facies son (Fig. 1):

*Facies I.* Está formada por leucogranitos de dos micas con predominio de la moscovita sobre la biotita. Esta facies presenta una textura heterogranular con tamaño de grano fino a medio.

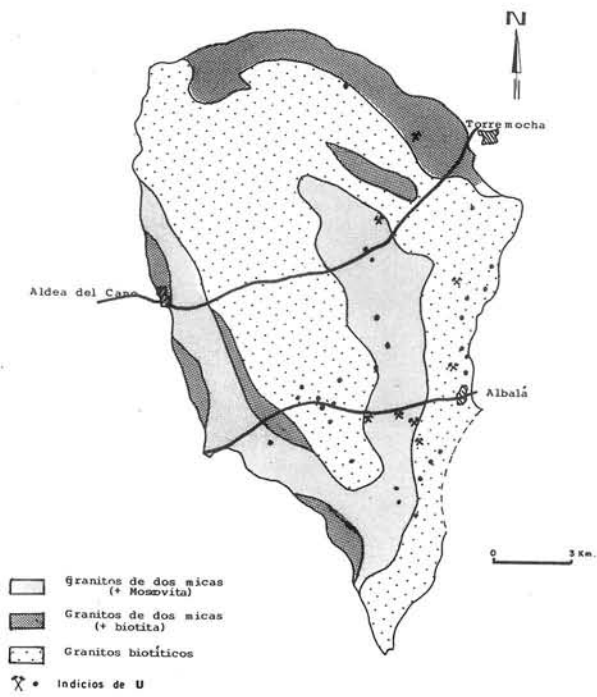


Figura 1. Facies petrográficas en el granito de Albalá.

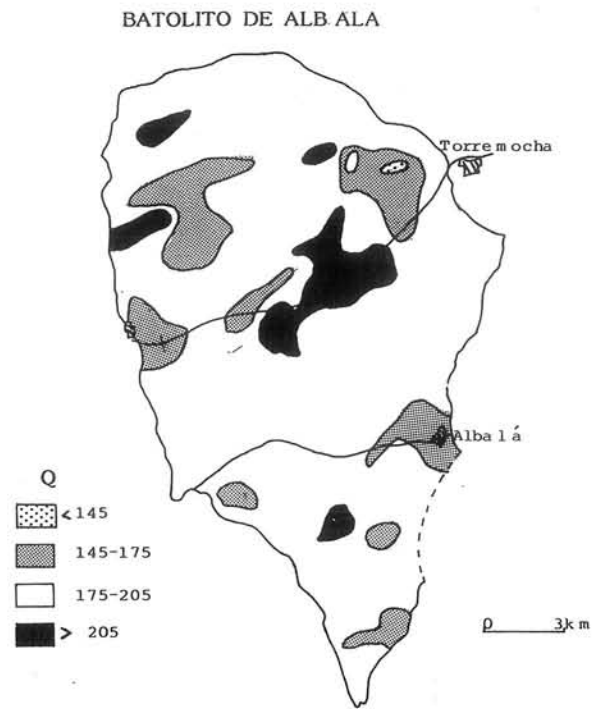


Figura 2. Distribución de los valores del parámetro Q en la superficie aflorante del granito de Albalá (Cáceres).

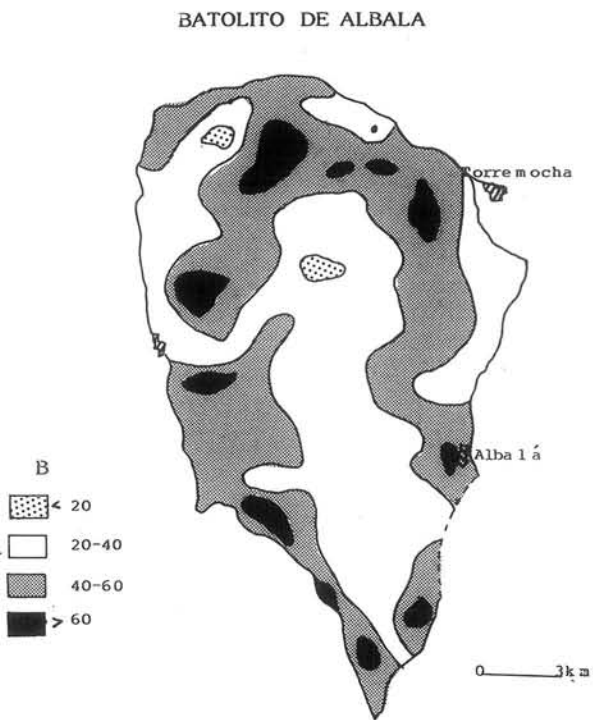


Figura 3a. Distribución de los valores del parámetro B en la superficie aflorante del granito de Albalá.

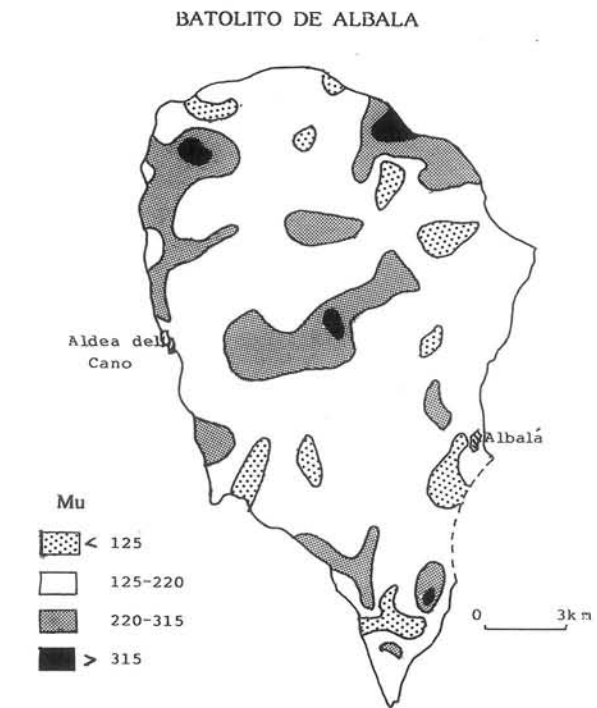


Figura 3b. Distribución de los valores del parámetro Mu en la superficie aflorante del granito de Albalá.

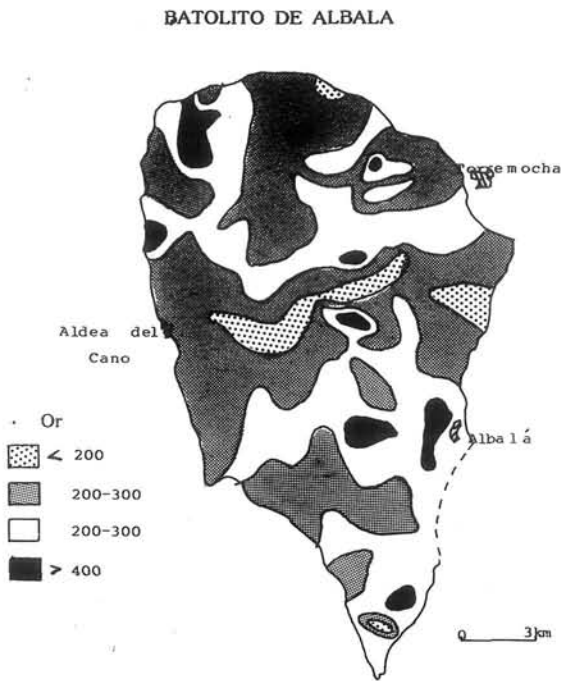


Figura 4a. Distribución de los valores del parámetro Or en la superficie aflorante del granito de Albalá.

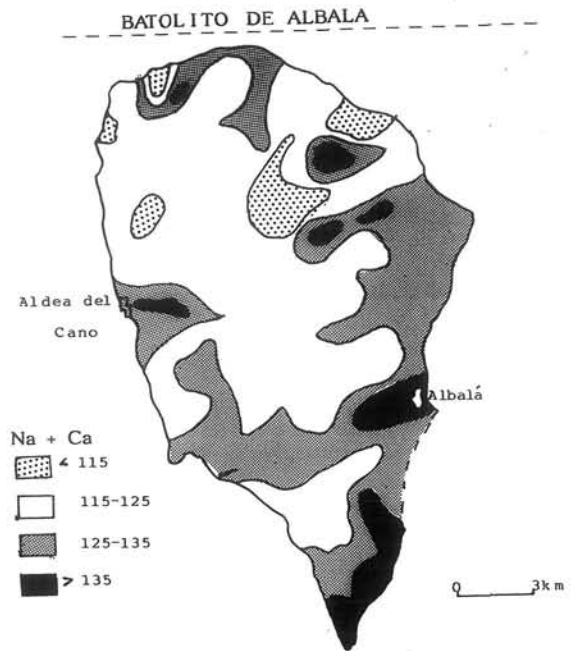


Figura 4b. Distribución de los valores del parámetro Na + Ca en la superficie aflorante del granito de Albalá.

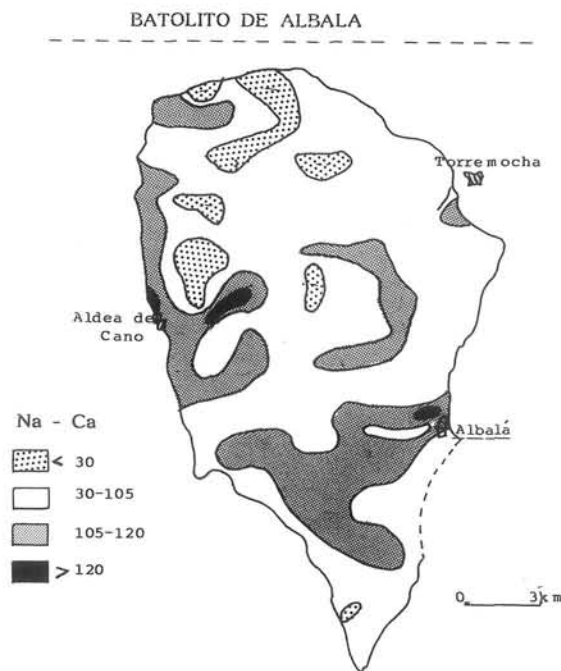


Figura 5. Distribución de los valores del parámetro Na-Ca en la superficie aflorante del granito de Albalá.

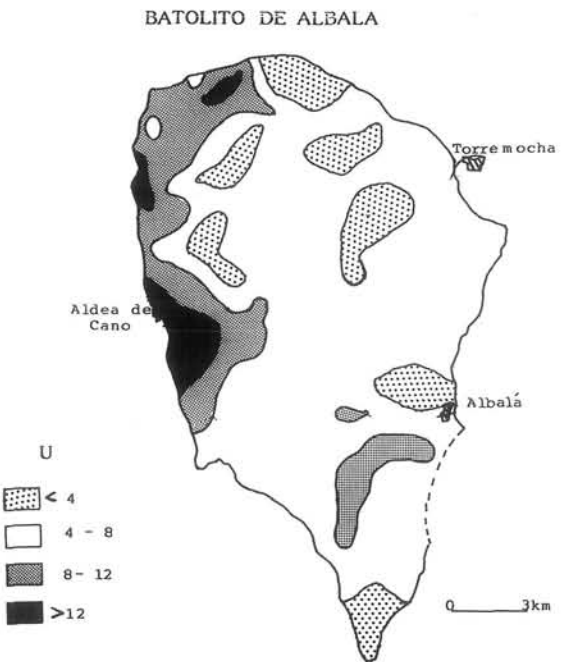


Figura 6. Distribución de los contenidos en U sobre la superficie aflorante del granito de Albalá.

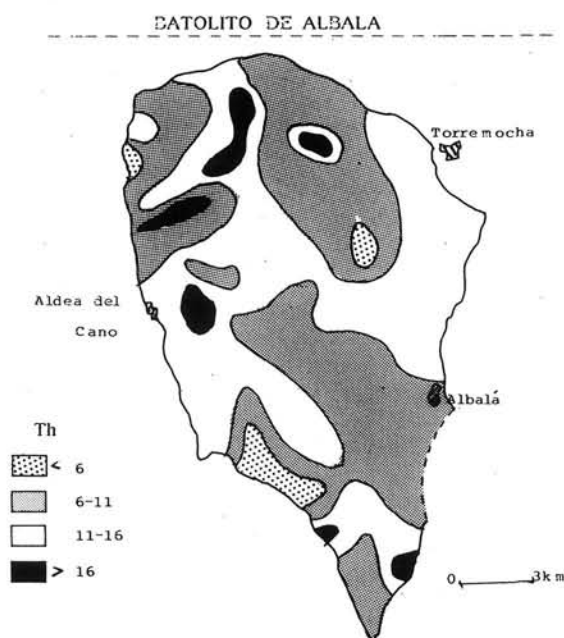


Figura 7. Distribución de los contenidos en Th sobre la superficie aflorante del granito de Albalá.

*Facies II.* Está constituida también por granitos de dos micas con predominio de la biotita sobre la moscovita. Tiene textura equigranular y tamaño de grano fino. Es la menos abundante de la tres y en la parte norte presenta diques aplíticos.

*Facies III.* Está constituida por granitos fundamentalmente biotíticos, con algo de moscovita y abundante cordierita. Presenta una textura heterogranular con tamaño de grano grueso a muy grueso, destacando los fenocristales de feldespatos.

En estas tres facies, y mediante el estudio de láminas delgadas al microscopio, se han encontrado los siguientes minerales esenciales:

*Cuarzo:* es muy abundante en las tres facies, se presenta en cristales xenomorfo, cuyo tamaño varía según la facies y presenta en general una textura en mosaico. Se han encontrado cuarzos de varias generaciones; unos idiomorfos de pequeño tamaño, que se encuentran incluidos en otros mayores y en los feldespatos y serían los cuarzos de primera generación; cuarzos de mayor tamaño, xenomorfo, que en ocasiones presentan extinción ondulante, y finalmente, cuarzos de recristalización y mirmequíticos. *Feldespatos K:* es fundamentalmente microclina, con la macla en enrejado y abundantes texturas peritéticas, y generalmente aparece en cristales hipidiomorfos o idiomorfos de gran tamaño. *Plagioclasas:* son, en general, menos abundantes que la microclina, y aparecen también en cristales idiomorfos con abundantes maclas polisintéticas y, en ocasiones, zonadas. Se trata en general de plagioclasas ácidas, si bien las zonadas poseen un carácter más básico y lógicamente son más ricas en Ca en el centro, el cual está más alterado, encontrándose a veces como producto de alteración cristales de zoisita. *Mos-*

*covita*: más o menos abundante según la facies, si bien en la facies III es muy escasa. En general, se trata de una moscovita blástica de tamaño variado, aunque también hay cristales idiomorfos pequeños, que se encuentran incluidos en otros minerales. Los de mayor tamaño son tardíos y proceden de la alteración de otros minerales como biotita o andalucita. *Biotita*: como la moscovita, es más o menos abundante según la facies, predominando, sobre todo en la III. Se presenta en láminas de tamaño variado, subidiomorfos a idiomorfos, estas últimas sobre todo, de pequeño tamaño. Es una biotita ferrífera con fuerte pleocroismo, que posee gran número de inclusiones de circón, apatito, rutilo y opacos (ilmenita y magnetita). Cuando está total o parcialmente cloritizada contiene gran número de agujas de rutilo sagenítico.

Como minerales accesorios han sido identificados: circón, apatito, rutilo, andalucita, cordierita, sillimanita (fibrolita), turmalina, algunos cristales fracturados y alterados de granates y opacos (ilmenita y magnetita). También hay cantidades considerables de sericita, clorita y pinnita, como productos de alteración de los minerales esenciales.

### 3. GEOQUÍMICA

Para este trabajo se han utilizado un total de 111 muestras pertenecientes a las tres facies diferenciadas y en ellas, se han analizado los elementos mayores y varios elementos trazas.

Los resultados analíticos, tanto de los elementos mayores como de los elementos traza, se encuentran en el trabajo de REGUILÓN (1988), en el que se incluyen también los datos correspondientes a los elementos mayores de 50 muestras más. Parte de estos datos han sido recogidos por SAAVEDRA y otros (1976).

Con los elementos mayores se han realizado una serie de diagramas binarios y ternarios de cuyo estudio (REGUILÓN, 1988) se deduce lo siguiente:

— El granito de Albalá es un granito rico en sílice en sus tres facies petrográficas, posee un carácter alcalino con ligero predominio del K sobre el Na, pobre en Ca (contenido medio de 0,64% en CaO), si bien se observa un enriquecimiento en algunas muestras. Presenta también un fuerte carácter aluminico, que se observa tanto en su composición mineralógica como geoquímica, con un índice de peraluminosidad de SHAND (1951) superior a 1,1 en todas las muestras.

Se ha calculado también con los elementos mayores los parámetros químico-mineralógicos  $Q$  y  $B$  definidos por DE LA ROCHE (1964),  $Mu$ ,  $Or$  y  $(Na + Ca)$  propuestos por SAAVEDRA y otros (1977) y el sodio albitizable  $(Na-Ca)$  propuesto por KARAYEVA (1968).

Los valores de estos parámetros, que se recogen en la tabla I, se proyectaron sobre la superficie aflorante del granito de Albalá, agrupándose sus valores mediante curvas de isocontenidos a fin de ver si existía alguna relación entre estos valores, las facies petrográficas y los contenidos en uranio y torio, observándose lo siguiente:

En el caso del parámetro  $Q$  (Fig. 2), se observa que las áreas correspondientes a los valores más altos, es decir superiores a 205, se encuentran principalmente en la mitad septentrional del granito, siendo la zona más extensa la que corresponde a los valores medio-superiores y que están comprendidos entre 175 y 205. Sin embargo, los valores mínimos, ocupan zonas escasas en número y extensión. Este hecho coincide con la mineralogía, ya que como se ha visto es un granito rico en cuarzo.

En el parámetro  $B$ , (Fig. 3a) se observa claramente que los valores máximos, superiores a 60, y los medio-superiores, están en general relacionados con las facies II y III o granitos con biotita dominante en el primer caso y biotíticos en el segundo, mientras que los valores medio-inferiores y mínimos están relacionados con la facies I de los granitos con moscovita dominante. Respecto al parámetro  $Mu$ , tal y como puede verse en la (Fig. 3b) la zona más extensa es la correspondiente a los valores medio-inferiores, estando lógicamente los valores mínimos en relación con los granitos biotíticos, mientras que los valores máximos están en relación con la facies I de los granitos con moscovita dominante.

Por lo que se refiere a los parámetros correspondientes a los feldespatos, bien sea ortosa,  $Or$ , o plagioclasas  $Na + Ca$ , (Figs. 4a y 4b) tenemos que en el primer caso, los valores que ocupan mayor extensión son los correspondientes a los valores medios, tanto superiores como inferiores, los cuales al igual que los valores extremos, máximos y mínimos están distribuidos de forma aleatoria y sin guardar relación con las facies petrográficas. Para el caso del parámetro  $(Na + Ca)$ , se puede observar una incipiente relación entre los valores máximos y medio superiores, con la facies II de los granitos con biotita dominante y la facies III de los granitos biotíticos.

Finalmente, en el caso del parámetro correspondiente al sodio albitizable  $Na-Ca$  (Fig. 5) se observa que los valores máximos son escasos y poco extensos, encontrándose relacionados con los granitos biotíticos, siendo los valores medio-inferiores los más extensos, los cuales al igual que los inferiores presentan una distribución aleatoria.

### 3.1. Elementos traza

De los elementos traza analizados en cada una de las muestras se han tenido en cuenta para este trabajo, dado que eran los que daban valores significativos,

TABLA I. Valores de los parámetros químico mineralógicos para las muestra del granito de Albalá.

Muestra	Q	Or	Pg	B	Mu	Ab
1	190	279	122	55	181	95
2	189	418	125	48	116	117
3	196	251	111	53	205	89
4	193	316	125	33	183	103
5	206	233	115	46.5	186	76
6	199	102	131	42	114	105
7	181	408	141	31	100	119
8	195	293	113	52	192	89
9	209	359	115	11	198	109
10	184	252	116	69	197	94
11	177	309	130	66	113	87
12	197	248	109	45	246	98
13	198	269	121	29	217	106
14	192	253	122	36	223	106
15	186	249	125	65.5	181	87
16	192	383	118	21	252	110
17	140	224	128	93	204	88
18	171	318	124	57	180	92
19	175	291	122	56.5	194	96
20	197	259	125	52	202	101
21	212	411	118	25.5	138	109
22	280	319	111	38	205	97
23	202	268	121	26	223	113
24	201	273	108	41	235	94
25	162	398	125	49	138	94
26	174	327	123	47.5	167	96
27	194	195	113	61	208	89
28	187	281	120	45	187	99
29	187	222	124	68	165	87
30	186	222	139	29	207	127
31	176	306	118	55	197	92
32	176	266	125	48	209	105
33	200	338	114	35	193	94
34	192	305	118	37	175	102
35	119	563	135	53	108	105
36	187	260	107	63	218	105
37	190	204	118	55	199	88
38	195	309	118	34	185	186
39	200	365	113	19	201	105
40	206	369	101	33	211	90
41	193	318	122	51	168	96
42	170	163	147	58	92	100
43	170	359	110	46	214	100
44	166	320	136	48	171	98
45	207	316	114	15	205	108
46	211	455	135	36	37	106
47	185	357	125	31	156	111
48	161	391	140	56	100	93
49	191	389	126	33	127	114
50	203	96	133	21	278	115
51	198	249	108	62	191	78
52	189	83	123	44	301	112
53	224	31	111	37	293	91
54	216	117	122	35	254	98
55	212	124	126	42	232	94



TABLA I (continuación)

Muestra	Q	Or	Pg	B	Mu	Ab
56	219	141	120	34	235	100
57	221	95	119	36	272	100
58	212	123	124	35	239	94
59	218	100	118	39	246	95
60	211	166	124	53	160	95
61	217	187	116	13	275	173
62	176	195	134	54	157	107
63	188	255	118	32	196	103
64	184	293	118	32	207	104
65	209	262	103	34	212	92
66	197	326	125	40	153	107
67	187	212	128	54	196	88
68	215	165	128	17	269	105
69	189	238	110	60	189	87
70	178	201	117	59	262	97
71	176	344	130	55	128	95
72	195	309	112	54	154	91
73	200	342	110	24	210	94
74	197	307	122	35	184	106
75	176	307	126	51	159	90
76	202	292	114	27	218	94
77	196	188	126	48	246	90
78	199	233	129	22	220	113
79	202	231	117	22	254	99
80	211	205	119	23	241	100
81	191	222	129	26	236	169
82	186	336	135	52	90	104
83	169	284	133	63	137	95
84	195	352	124	40	138	112
85	194	360	124	40	107	105
86	182	347	122	32	186	108
87	185	414	119	27	154	102
88	184	420	116	25	169	100
89	199	327	125	33	146	105
90	193	278	118	35	201	102
91	191	307	123	54	138	91
92	184	325	130	46	141	99
93	194	398	117	23	159	106
94	193	453	127	38	52	101
95	191	298	117	46	186	97
96	152	443	162	56	12	125
97	192	199	131	51	185	87
98	158	363	139	69	88	91
99	186	175	113	61	262	103
100	200	336	125	30	150	110
101	207	246	115	39	226	93
102	199	277	120	36	192	103
103	193	415	128	37	68	104
104	190	286	112	35	227	104
105	194	222	126	33	170	107
106	180	297	132	45	141	104
107	168	290	132	73	176	89
108	190	382	131	42	87	105
109	160	207	140	59	53	98
110	184	402	135	27	82	104
111	180	385	137	67	32	93

TABLA II. Coeficientes de correlación de elementos mayores y trazas en el granito de Albalá.

Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg O	Ca O	Mg <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Mn O	Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zr	Rb	Sr	Ba	Zr	Th	U	Th	Zn	Cu	Y	Sn	Nb	Li	V	Cs	Th/h	Si O <sub>2</sub>	
1	-0.5622	-0.7270	-0.4945	-0.5468	0.3125	-0.0922	-0.2090	-0.5036	-0.5887	0.3678	0.6957	0.7490	-0.5887	0.2489	0.2489	-0.3275	-0.0410	0.4076	0.0534	0.1468	0.0316	0.2963	0.0872	0.1733	0.3454	Si O <sub>2</sub>	
	1	0.1174	-0.1185	0.2885	-0.0065	0.1076	0.2406	-0.125	0.2753	0.2922	0.0078	0.5427	0.2753	0.3508	0.0422	0.3508	0.2112	-0.3776	0.0493	0.0888	0.1592	-0.2973	0.0497	0.0623	0.1607	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		1	0.7423	0.5915	-0.318	-0.0722	0.1792	0.680	0.6124	0.7138	0.7450	0.5232	-0.2948	0.3251	0.0163	0.3510	0.0163	-0.3510	0.0847	0.2030	0.0011	-0.2554	0.0542	-0.2672	0.3917	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
			1	0.5827	-0.2190	0.0643	0.0595	0.6560	0.5934	0.6025	0.6041	-0.6610	0.3298	0.3285	-0.0547	0.3855	0.1374	-0.0856	0.1374	0.0856	-0.2322	0.1471	0.5273	-0.3711	0.3921	Mg O	
				1	-0.0253	0.1844	0.1775	0.4404	0.4734	0.4978	0.7098	0.5108	-0.3495	0.1571	0.2194	-0.2670	0.1831	-0.1133	-0.2529	0.1234	-0.0246	0.1133	-0.0246	-0.4177	0.2863	Ca O	
					1	-0.3179	-0.1041	-0.3824	-0.1761	-0.3365	0.1877	0.158	0.2653	0.2855	-0.1250	0.0162	0.0769	0.0975	-0.2099	0.5511	0.1533	0.0081	-0.4006	0.0081	-0.4006	Mg <sub>2</sub> O	
						1	-0.1283	0.0695	0.2347	0.3543	0.1679	0.0170	-0.2478	0.0626	0.1463	0.1093	0.0616	-0.0323	-0.2266	0.0290	0.1819	-0.1076	0.0661	0.1076	0.0661	K <sub>2</sub> O	
							1	0.0473	0.2483	0.3654	0.4137	0.2853	-0.2873	0.0435	-0.277	-0.2486	0.2427	0.0291	0.0177	0.0137	-0.2444	-0.0773	0.1501	0.0773	0.1501	Mn O	
								1	0.5099	0.6159	0.5869	0.4474	-0.4625	0.3108	-0.0696	0.0691	0.1013	-0.2472	-0.0193	0.2411	-0.0487	-0.3171	0.4099	0.3171	0.4099	Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
									1	0.6466	0.6290	0.4319	-0.2767	0.1768	0.0153	-0.4113	0.1868	-0.1635	0.0451	-0.0858	0.0193	-0.3054	0.2730	0.3054	0.2730	Zr	
										1	0.7942	0.4880	-0.4780	0.3174	-0.0055	-0.3533	0.0928	-0.1937	0.0251	-0.3088	0.0046	-0.2900	0.4650	0.2900	0.4650	Ba	
											1	-0.5362	-0.5828	0.6767	-0.1542	-0.3001	0.1717	-0.2355	-0.0916	-0.2237	-0.0440	-0.3863	0.4510	0.3863	0.4510	Sr	
												1	0.4242	-0.2058	0.3248	0.2724	-0.0934	0.2170	0.1702	0.0032	-0.4766	0.4104	-0.4467	0.4104	-0.4467	Rb	
													1	0.0034	0.2639	-0.0478	-0.0242	0.1650	0.2063	0.1578	0.1044	0.3668	-0.6088	0.3668	-0.6088	U	
														1	0.1188	-0.3210	-0.2127	-0.0843	0.0054	-0.054	-0.1226	0.3123	0.0275	0.7048	0.0275	0.7048	Th
															1	0.1438	-0.2128	0.0073	0.2372	-0.1203	0.0075	0.0784	-0.1860	0.0784	-0.1860	Zn	
																1	0.1006	0.1974	0.0060	0.0560	0.0521	0.2476	-0.0019	-0.0551	-0.2154	0.0551	Y
																	1	0.0923	0.1857	0.0693	0.4922	-0.1278	0.4922	-0.1278	0.1278	Sn	
																		1	-0.3234	-0.1484	0.3171	0.0049	0.0049	0.3171	0.0049	Nb	
																			1	0.3127	-0.1184	-0.1927	0.1927	-0.1184	-0.1927	Li	
																				1	-0.2640	0.3461	0.3461	-0.2640	0.3461	0.3461	V
																					1	-0.1453	0.1453	0.1453	-0.1453	0.1453	Cs
																						1	0.1453	-0.1453	-0.1453	0.1453	Th/h

TABLA III. Contenidos en U y Th de las muestras del granito de Albalá.

N	U	Th	N	U	Th	N	U	Th
1	7.2	9.8	38	3.8	9.1	75	4.6	9.6
2	9.3	3	39	3.1	7.8	76	7.9	7.0
3	7.3	3	40	3.6	6.9	77	5.5	10.7
4	12.4	14.0	41	3.8	10.1	78	16.7	3
5	3.5	8.8	42	7.4	4.6	79	6.1	3.9
6	19.5	3	43	14.1	3	80	14.3	3
7	14.3	9.2	44	8.2	15.5	81	15.5	5.7
8	3.7	15.3	45	10.6	4.8	82	3.7	3
9	9.5	9.9	46	3.7	9.8	83	6.7	8.5
10	9.6	22.4	47	3.1	13.2	84	4.7	7.5
11	5.4	7.7	48	4.0	3	85	6.3	8.4
12	7.1	5.5	49	8.4	3	86	8.2	3
13	12.9	5.4	50	19.8	3.6	87	11.4	3
14	9.8	9.0	51	3.0	7.4	88	6.1	3
15	3.8	16.0	52	9.2	9.8	89	4.2	6.7
16	13.9	11.3	53	4.2	6.2	90	3.9	6.9
17	4.3	13.4	54	4.4	9.2	91	3.6	12.4
18	3.7	17.8	55	5.4	12.6	92	3.7	3
19	4.9	8.8	56	5.3	3	93	6.6	7.4
20	4.9	7.9	57	4.9	11.6	94	7.0	3
21	8.5	4.6	58	3.7	10.4	95	4.5	3
22	8.5	4.6	59	5.0	5.7	96	3.7	3
23	8.0	9.0	60	3.3	10.4	97	4.3	10.6
24	9.5	8.1	61	9.1	15.1	98	4.5	3
25	3.4	7.5	62	5.0	9.8	99	4.1	4.7
26	4.6	8.5	63	4.3	3	100	6.1	4.5
27	3.6	18.0	64	5.5	10.3	101	10.7	10.1
28	7.5	6.2	64	8.7	3.7	102	5.4	8.0
29	4.5	12.3	66	3.7	12.9	103	10.8	6.5
30	26.3	3	67	3.9	10.9	104	8.7	12.9
31	4.7	15.1	68	15.9	4.4	105	4.1	12.1
32	11.1	10.6	69	4.5	14.2	106	5.4	9.3
33	7.0	4.8	70	8.9	14.9	107	6.1	16.7
34	3.6	9.9	71	3.7	4.9	108	3.6	15.6
35	3.0	3	72	6.5	11.6	109	6.1	16.2
36	12.2	3.8	73	6.8	9.4	110	4.9	3.4
37	4.5	16.0	74	5.4	3	111	3.7	3.3

TABLA IV. Distribución de los contenidos medios en U y Th en las distintas facies del granito de Albalá.

Facies	n	U			Th		
		$\bar{x}$	$\sigma_n$	rango	$\bar{x}$	$\sigma_n$	rango
Facies I	26	5.64	2.43	3 - 13.9	7.96	4.07	<3 - 16.0
Facies II	25	9.44	5.88	3 - 26.3	7.12	4.67	<3 - 16.7
Facies III	60	7.96	3.21	3 - 16.7	8.31	5.06	<3 - 22.4

los siguientes: Ba, Rb, Sr, V, Cs, Sn, Nb, Zr, Y, Zn, Li y, sobre todo U y Th. El Pb y el W no han sido tenidos en cuenta, puesto que se encuentran en concentraciones inferiores al límite de detección del aparato utilizado para su medida en la mayoría de las muestras, si bien en el caso del W, hay una muestra con una concentración de 260 ppm.

Por lo que respecta a los elementos significativos se puede observar que:

— Itrio, cinc, niobio, vanadio y estaño se encuentran en concentraciones muy bajas en todas las muestras, presentando también variaciones muy escasas a excepción del cinc.

— Rubidio, bario y circonio son, por el contrario, los elementos que presentan mayor concentración en todas las muestras.

Haciendo un estudio comparativo, de la evolución de los elementos mayores y trazas, se ve que la sílice presenta una correlación positiva con el hierro, sodio, rubidio, estaño, litio y uranio, aunque con estos tres últimos en menor grado y negativa con el calcio, magnesio, titanio, circonio y estroicio. El potasio presenta correlación positiva con el cinc, estroncio, bario y circonio, mientras que el sodio presenta una correlación positiva con la sílice, litio, uranio y rubidio.

El calcio sin embargo, presenta una correlación positiva con el aluminio, los ferromagnesianos, el bario, el estroncio, el cesio y el torio, y negativa con la sílice, los alcalinos, el rubidio, el uranio y estaño.

Los coeficientes de correlación de los elementos mayores y trazas, entre sí para las muestras del granito de Albalá se indican en la tabla II.

### 3.2. Distribución del U y el Th

Por lo que se refiere al uranio y al torio, cuyos contenidos se exponen en la tabla III, el granito de Albalá posee unos contenidos medios de 6.97 ppm para el primero y de 7.97 ppm para el segundo.

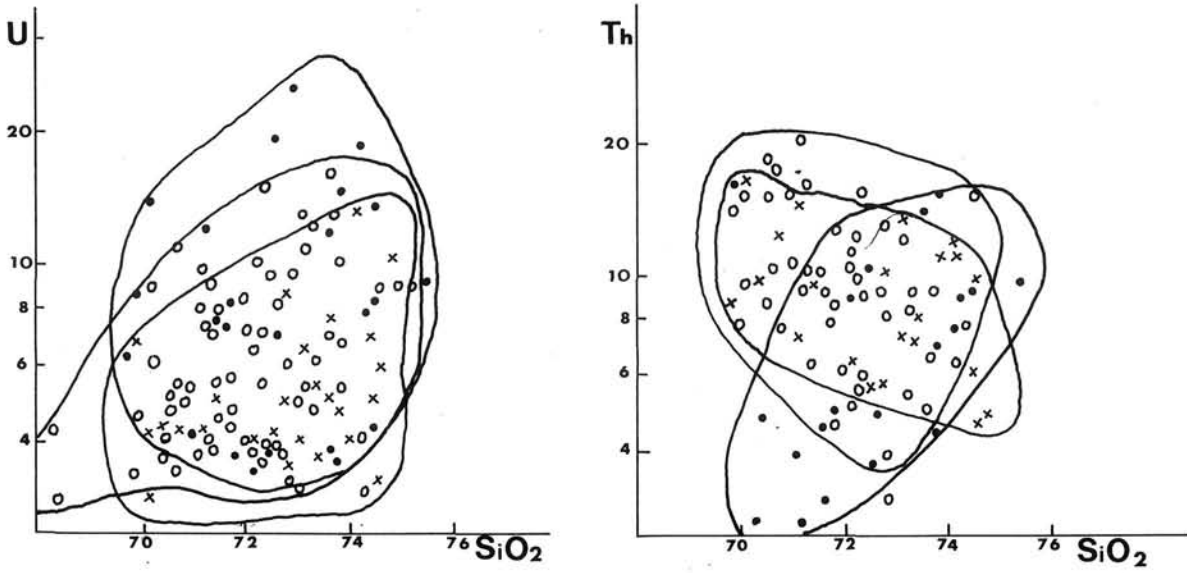


Figura 8. Diagramas binarios de U y Th frente a  $\text{SiO}_2$ .

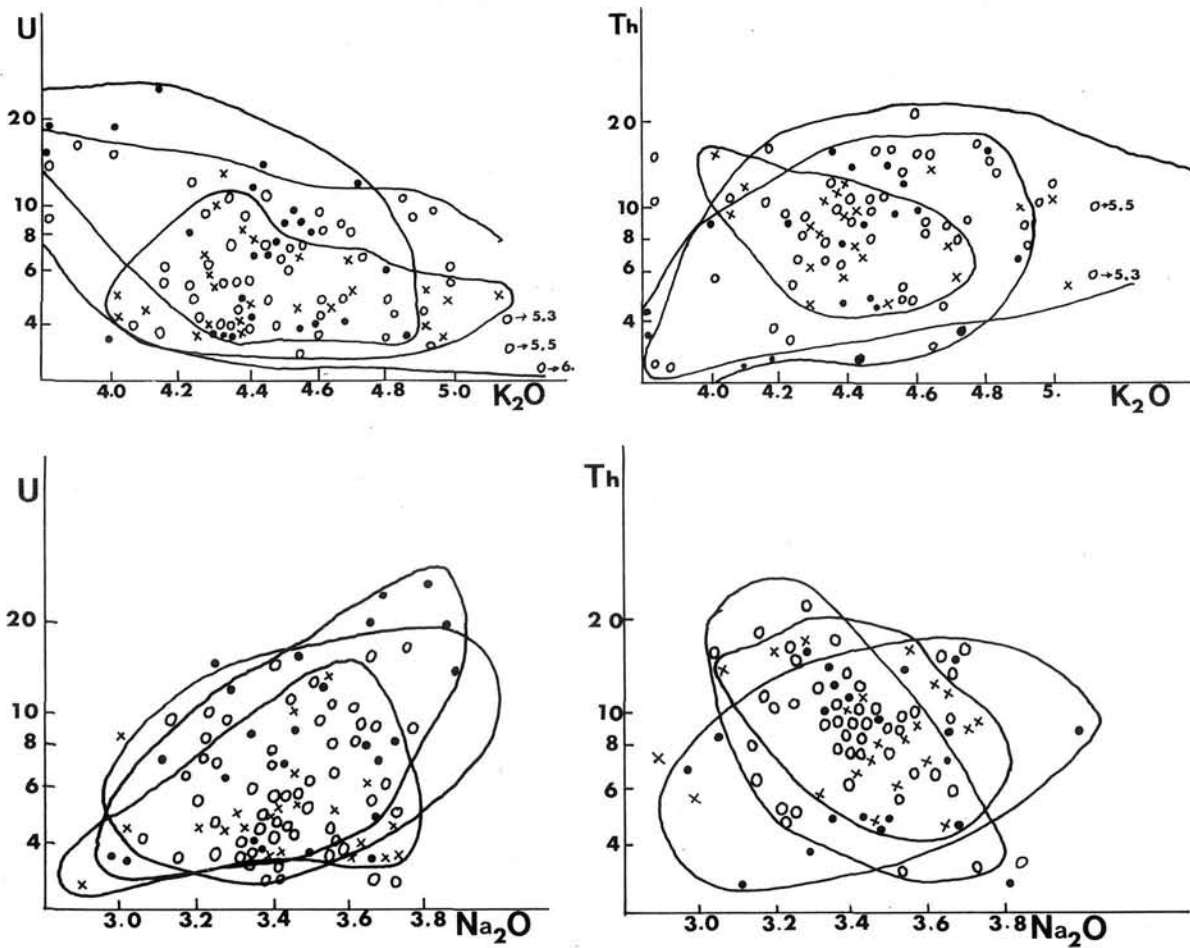


Figura 9. Diagramas binarios de U y Th frente a los alcalinos  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ .

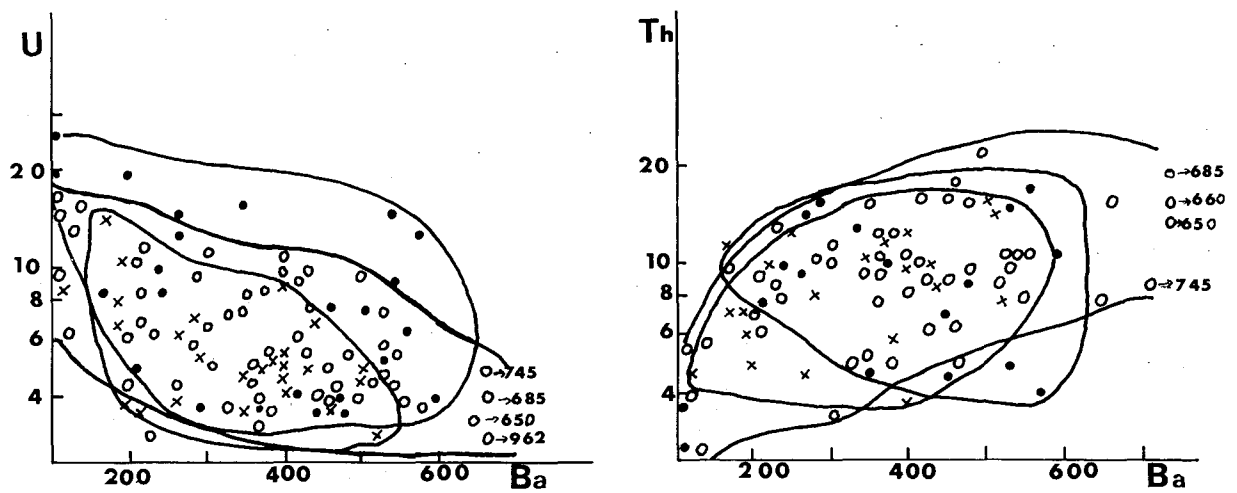


Figura 10. Diagramas binarios de correlación de U y Th frente a Ba.

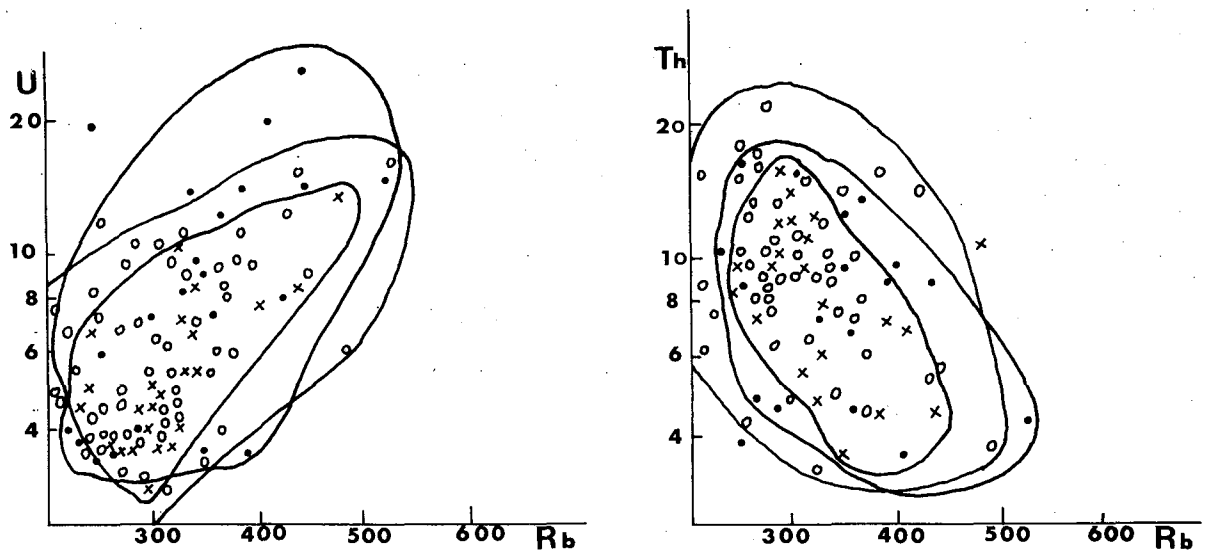


Figura 11. Diagramas binarios de correlación de U y Th frente a Rb.

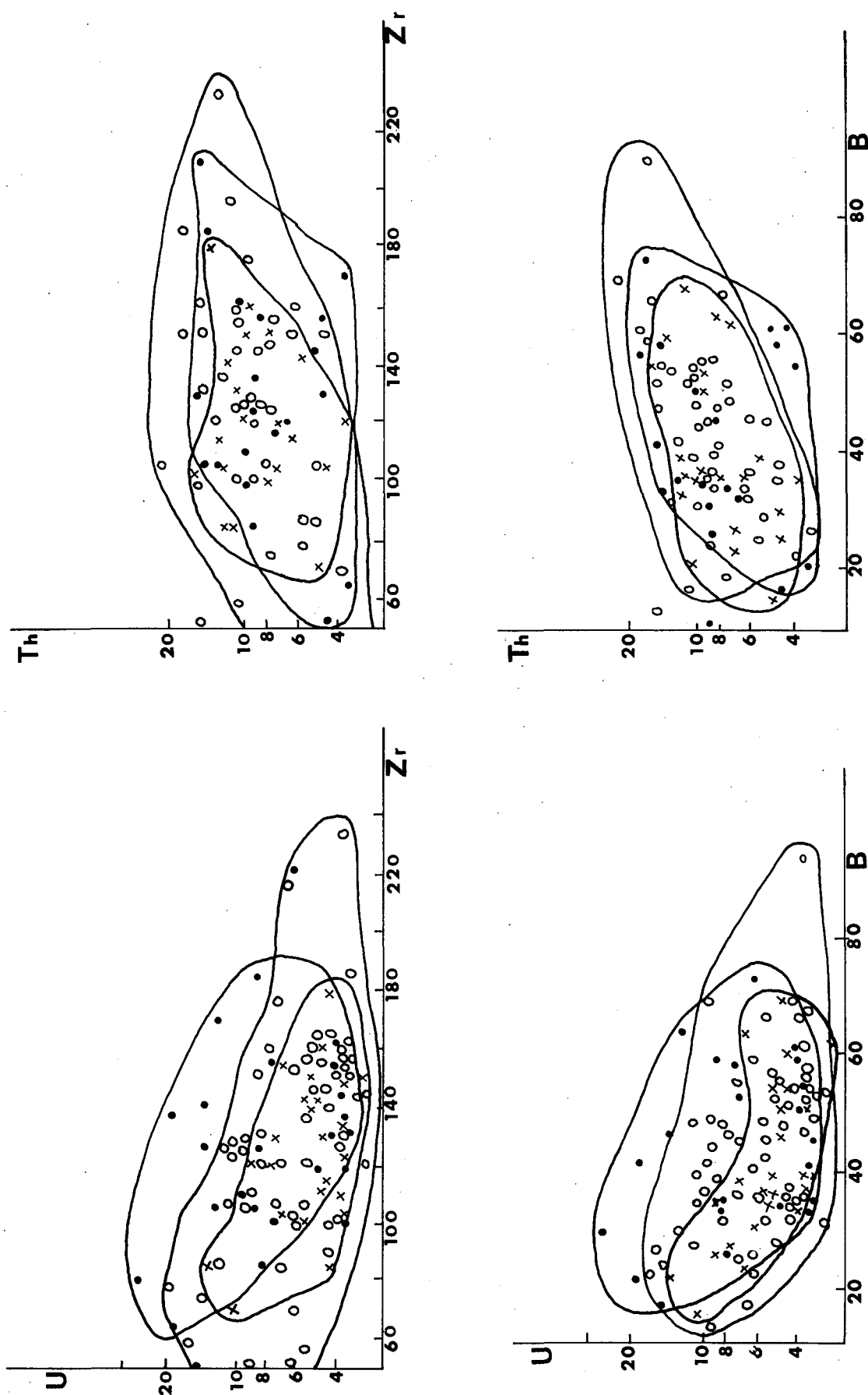


Figura 12. Diagramas binarios de correlación de U y Th frente al Zr y al Parámetro B.

En la tabla IV se presentan los contenidos medios en uranio y torio para cada una de las facies petrográficas del granito de Albalá, así como las desviaciones y los rangos de valores en cada una de ellas. En ella se ve que es la facies III de los granitos biotíticos, la que posee los contenidos medios más altos en uranio, siendo la facies I de los granitos con moscovita dominante la que posee los contenidos medios más bajos. También se observa que los contenidos medios en torio más altos se encuentran en la facies II de los granitos con biotita dominante, y los más bajos en la facies III, de los granitos biotíticos.

Estos contenidos medios en uranio del granito de Albalá, son superiores a los de varios granitos mundiales considerados como estándar y que son de 3,9 ppm, mientras que los contenidos medios en torio del granito de Albalá son claramente inferiores a los de estos mismos granitos y que son de 20 ppm. ROGERS y ADAMS (1969).

Como en el caso de los parámetros químico-mineralógicos, los contenidos de uranio y torio de cada muestra, se han proyectado sobre la superficie aflorante del granito de Albalá y agrupados estos valores mediante curvas de isocontenidos, observándose lo siguiente:

Respecto al U, tal y como puede verse en la (Fig. 6), la zona correspondiente a los valores máximos y medio-superiores se encuentran en el borde occidental del granito, en relación con la facies de los granitos biotíticos y, sobre todo, con la zona que presenta los dique aplíticos, que es la que posee los contenidos más altos en uranio, mientras que las zonas correspondientes a los valores mínimos se sitúan dentro de la facies de los granitos de dos micas con biotita dominante. Destaca sin embargo que, a pesar del gran número de indicios uraníferos existentes en este granito (Fig. 1), estos se encuentran en relación con la zona correspondiente a los valores medio-inferiores (4-8) que es la más extensa. Aunque se analizó el uranio y el torio en muestras de rocas próximas o en contacto, con los filones mineralizados, éstas, no se tienen en cuenta para este trabajo pues, además de no poseer análisis ni de elementos mayores ni de trazas, no serían representativas para la geoquímica del granito. Hay que hacer constar sin embargo, que en general los resultados obtenidos fueron de altos contenidos en uranio.

En cuanto a los valores de torio, proyectados en la (Fig. 7) se puede observar que las zonas correspondientes a los valores máximos están en relación con la facies III (granitos biotíticos), como era lógico, mientras que las zonas correspondientes a los valores mínimos están generalmente relacionados con la facies de los granitos moscovíticos. Es de destacar la escasez en torio del granito de Albalá, no sólo, en relación con los granitos mundiales standard, sino también con otros granitos de características petrológicas y geoquímicas semejantes y también ricos en uranio, como son los granitos del Macizo Central Francés estudiados por FRIEDRICH (1984), RANCHIN (1971) y RENARD (1974), entre otros.



### 3.2.1. *Relación del U y el Th con otros elementos*

Se han realizado una serie de diagramas binarios, en los que se representan estos elementos frente a aquellos mayores y trazas que mejor definen el carácter geoquímico y evolutivo del granito de Albalá, así como frente al parámetro B.

En estos diagramas se han utilizado los siguientes símbolos para las muestras de las diferentes facies. Facies I - x; Facies II - o y Facies III - •. Además y dado el rango tan amplio que presentan estos elementos en lo que a sus contenidos se refiere, estos diagramas se han realizado en papel semilogarítmico.

En el estudio de estos diagramas se observa lo siguiente:

U-Th frente a la sílice. En la (Fig. 8) se observa que en el caso del uranio, las muestras correspondientes a las facies I y II presentan una correlación positiva, siendo ésta más clara en la facies II que en la I. Las muestras correspondientes a la facies III, presentan sin embargo una verticalización clara. En el caso del torio, las muestras correspondientes a las facies I y II presentan frente a la sílice una tendencia claramente negativa, mientras que las de la facies III, la presentan positiva.

U-Th frente a los alcalinos. El uranio presenta frente al sodio una relación positiva en las tres facies, mientras que frente al potasio, la correlación es negativa para las muestras de las facies II y III, siendo la correlación de las muestras pertenecientes a la facies I, bastante horizontal (Fig. 9). En el caso del torio, este elemento presenta frente al sodio una correlación positiva para las muestras de la facies III y negativa para las de las facies I y II, como ocurría con la sílice. Respecto al potasio, el torio tiene una correlación positiva no muy marcada con las muestras correspondientes a las facies II y III, negativa con las de la facies I.

U-Th frente al Ba. En la (Fig. 10) se ve que el uranio presenta una correlación negativa con todas las muestras pertenecientes a las tres facies, mientras que la correlación del torio es de signo positivo para las tres facies.

U-Th frente al Rb. En este caso se observa que el uranio presenta una correlación positiva con las muestras correspondientes a las tres facies petrográficas, mientras que en el caso del torio, esta correlación es de carácter negativo también, para las tres facies (Fig. 11).

U-Th frente al Zr y al parámetro B. Como se ve en la (Fig. 12) el uranio presenta frente al circonio una correlación de carácter negativo con las muestras correspondientes a las tres facies, siendo esta correlación también de signo negativo para las tres facies, con respecto al parámetro B. Con el torio ocurre lo contrario, es decir, este elemento presenta una correlación positiva con las muestras correspondientes a las tres facies, tanto con respecto al Zr, como con respecto al parámetro B.

No se expone la relación entre el uranio y el torio por no tener ningún significado, ya que las muestras correspondientes a las tres facies presentan una gran dispersión en sus valores.

## CONCLUSIONES

El estudio de los datos petrográficos y geoquímicos del granito de Albalá han permitido obtener las siguientes conclusiones:

— En general se observa una relación clara de los contenidos en uranio con las facies de grano fino, así como con los valores altos en sodio albitizable, no habiendo una relación clara entre los valores altos en uranio con la zona correspondiente a los indicios uraníferos.

— En cuanto al torio, este elemento presenta sus valores máximos en relación con la zona correspondiente a la facies II, de grano grueso con biotita dominante, las cuales tienen abundantes inclusiones de circón.

— El granito de Albalá posee un fondo geoquímico en torio muy bajo, estando este elemento en relación con las biotitas, mientras que en el caso del uranio el fondo geoquímico es alto, pero no se ha podido observar su relación con alguna asociación mineralógica.

— La correlación negativa del uranio con los ferromagnesianos y positiva con la sílice y sobre todo con el sodio y el rubidio, indicarían una clara relación del uranio con la diferenciación del granito y posiblemente con los procesos de sodificación de los feldespatos, ya que son las facies II y III las que tienen los valores más altos en U y Na<sub>2</sub>O.

— Por otra parte, el hecho de que las muestras que presentan los valores más altos en uranio, sean en general, las correspondientes a la facies de grano fino con carácter aplítico, y que sean también estas muestras donde han sido localizados cristales de uraninita (REGUILÓN, 1988), si bien la investigación y estudio de dichas muestras está siendo ampliado junto con otras muestras ricas en uranio, de grano fino y grueso, y sus resultados serán objeto de otro trabajo, indicaría que estas rocas de carácter aplítico son las últimas en cristalizar, durante los procesos de consolidación del magma, y estas facies tendrían además de su uranio, el procedente de las otras facies anteriores, como resultado de la removilización y lixiviación de dicho elemento. Este hecho estaría de acuerdo con los trabajos de FRIEDRICH y CUNEY (1984) y CUNEY y otros (1985), sobre algunos granitos del Macizo Central Francés.

También el granito de Montánchez, REGUILÓN y ARRIBAS (1989) presenta una distribución del uranio que concuerda con los resultados de este trabajo, si bien en este granito no se ha localizado uraninita.

Finalmente, con todos los datos obtenidos hasta el momento, el granito de Albalá se puede clasificar en relación con su potencial uranífero, como un granito fértil que encajaría dentro de las clasificaciones geoquímicas dadas por MATHEW (1978) y SIMPSON y otros (1982) y PLANT y otros (1980), así como en las dadas por CHAPPEL y WHITE (1974) y PITCHER (1982) de carácter tectónico. También podría ser considerado como un granito H.H.P. o granitos productores de alto calor PLANT y otros (1985).

## BIBLIOGRAFÍA

- CUNNEY, M., FRIEDRICH, M., y DRIN, N. (1985). Traitement par l'analyse statistique de données multivariées sur le complexe de Brame, St. Sylvestre, St. Goussand (Limousin, Frande). Differentiation magmatique et poligenisme. *Sc Terre, Informatique Geologique*. Nancy, France.
- CHAPPEL, M., y WHITE, A.J. (1974). Two contrasting granite types. *Pacific. Geol.* 8; 173-174.
- FRIEDRICH, M. (1984). Le complexe granitique Hyperalumineux de Saint Sylvestre nord-ouest du Massif Central Français. *Geol. Geochim. Uranium. Mem. 5, Nancy, France*. 361 pp.
- FRIEDRICH, M., y CUNNEY, M. (1984). Cristallisation del uranium et poligenisme dans le complexe granitique de St. Souvent, Brame, St. Sylvestre (Limousin). *C. R. Acad. Sci. Fr.* 296; 1.249-1.252.
- KARAYEVA, Z.G. (1968). Geochemistry of mineralized granitoids, *Doklady. Akad. Nank. SSSR*. 179; 164-166.
- LA ROCHE, de H. (1964). Sur l'expression graphique des relations entre la composition chimique et la composition mineralogique quantitative des roches cristallines. *Sc. Terre* 9; 337-371, Nancy, France.
- MATHEWS, G. W. (1977). A clasification of uranium deposits in and related to plutonic igneous rocks. *Nure Geology Uranium Simposium. Introductory Session*.
- PLANT, J., BROWN, G.C., SIMPSON, P.R., and SMITH, R.R. (1980). Signatures of metalliferous granites in the Scottis Caledonides. *Trans. Eart. Sci.* 89; B198-B210.
- PLANT, J.A., O'BRIEN, C. and HURDLEY, J. (1986). *Geochemical criteria for the recognition of high heat production granites. In papers presented a the H.H.P. granites, hidrotermal circulation and ore génesis*. Conference organiced by the Institution of Mining and Metallurgy. London. England.
- PENHA, H.M., y ARRIBAS, A. (1974). Datación geocronológica de algunos granitos uraníferos españoles. *Bol. Geol. Min.* 85 (3); 271-273.
- PITCHER, W.S. (1982). *Granite type and tectonic environment*. Chap. 1-3; pp. 19-40. In HSU K.J. (ed). *Mountain Building Processes*. Academic press London.

- RANCHIN, R.M. (1971). La geochemie de L'uranium et la differentiation granitique dans la province uranifere du Nord-Limousin. *Rapport CEA-R-4034*, 439 pp. Nancy.
- REGUILÓN, R.M., y ARRIBAS, A. (1988). *Las mineralizaciones de U y P de los granitos de Trujillo, Plasenzuela, Albalá, Montánchez y Alburquerque*. Tesis Doct. Univ. de Salamanca. Salamanca. 431 pp.
- REGUILÓN, R.M., y ARRIBAS, A. (1989). Contenido y distribución de U y Th en el granito de Montánchez. Cáceres (en Prensa).
- RENARD, J.P. (1974). Etude petrographique et geochemique des granites du district uranifere du vendee. Liaisons entre l'evolution mineralogique et le comportement de l'uranium. Consequences pour la prospection. *Sci. de la terre*. Mem. 30; 216 pp. Nancy. France.
- ROGERS, J.J., and ADAMS, J.A. (1969). *Uranium and thorium*. In Wedepohl K.H. (ed.). Handbook of Geochemistry. Berlin. Springer Verlag.
- SAAVEDRA, J., y GARCÍA, A. (1976). Geología del granito de Albalá. (Extremadura Central, España). *Tecniterrae*, 14, 10-23.
- SAAVEDRA, J., PELLITERO, E., y MADRUGA, F. (1977). Estudio del granito del Jalama, Salamanca-Cáceres. España. *Bol. Geol. Min.* 88 (4); 334-344.
- SHAND, S.J. (1951). *Eruptive rocks*. New York. John Wiley. 488 pp.
- SIMPSON, P., PLANT, J., WATSON, V., GREEN, P., y FOWLER, M. (1985). The role of metalliferous and mineralised uranium granites in the formation of uranium provinces. In *Uranium Exploration Methods, Proc. NEA/IAEA Simp.* Paris, pp. 157-169.

*Recibido el 25-Septiembre-1989*

*Aceptado el 12-Febrero-1990*