

## La terminación sur-occidental del batolito de Andorra-Mont Lluís: características petrológicas y geoquímicas.

A. SOLER <sup>(1)</sup> y P. ENRIQUE <sup>(2)</sup>

(1) Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Zona Universitària de Pedralbes. 08028 Barcelona.

(2) Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona. Zona Universitària de Pedralbes. 08028 Barcelona.

### RESUMEN

El batolito de Andorra-Mont Lluís es un típico representante de los granitos de emplazamiento epizonal de los Pirineos. En su parte sur-occidental está constituido principalmente por granodioritas biotíticas, granodioritas biotítico-hornbléndicas y granitos biotíticos. Desde un punto de vista geoquímico puede considerarse como una asociación plutónica aluminó-ferrosa, ligeramente férrica y calcoalcalina con una ligera tendencia subalcalina.

*Palabras clave:* Granitos. Herciniano. Pirineos. Petrología.

### ABSTRACT

The Andorra-Mont Lluís batholith is a typical epizonal intrusive pluton from the Pyrenees. Biotite granodiorite, hornblende-biotite granodiorite and biotite granite are the most widespread types in the south-western part of the batholith. From a geochemical point of view, this plutonic association display aluminó-ferrous, slightly ferriferous, calc-alkaline characteristics, showing a slightly subalkaline trend.

*Key words:* Granites. Hercynian. Pyrenees. Petrology.

### INTRODUCCIÓN

El batolito de Andorra-Mont Lluís, con una extensión de unos 500 km<sup>2</sup>, es una de las mayores intrusiones graníticas hercinianas de los Pirineos.

Por su nivel y modo de emplazamiento constituye uno de los ejemplos más característicos de "granitoides en macizos superiores" definidos por Autran *et al.*, (1970).

Según estos autores y Autran (1980a y 1980b), se trata de una intrusión de tipo estratiforme con una base bastante plana, situada sobre los esquistos del Paleozoico inferior y aproximadamente paralela a la superficie superior de los ortogneises infrayacentes (visibles en los afloramientos orientales), y un techo irregular situado en el interior de los materiales del Paleozoico superior.

El presente trabajo se centra sobre un área de unos 90 km<sup>2</sup> de extensión situada en el extremo sur-occidental del batolito entre Martinet, Arsèguel y la frontera andorrana. En esta zona, los granitoides intruyen discordantemente en una serie paleozoica cuyos materiales, de edad comprendida entre el Cambro-ordovícico y el Carbonífero inferior, fueron previamente plegados y afectados por un metamorfismo regional de bajo grado durante las principales fases de deformación hercinianas (Hartvelt, 1970; Casas *et al.*, 1989).

Con posterioridad a la intrusión, el desarrollo de fallas NW-SE, de cabalgamientos alpinos y de una actividad neotectónica asociada a la fosa de la Cerdan-

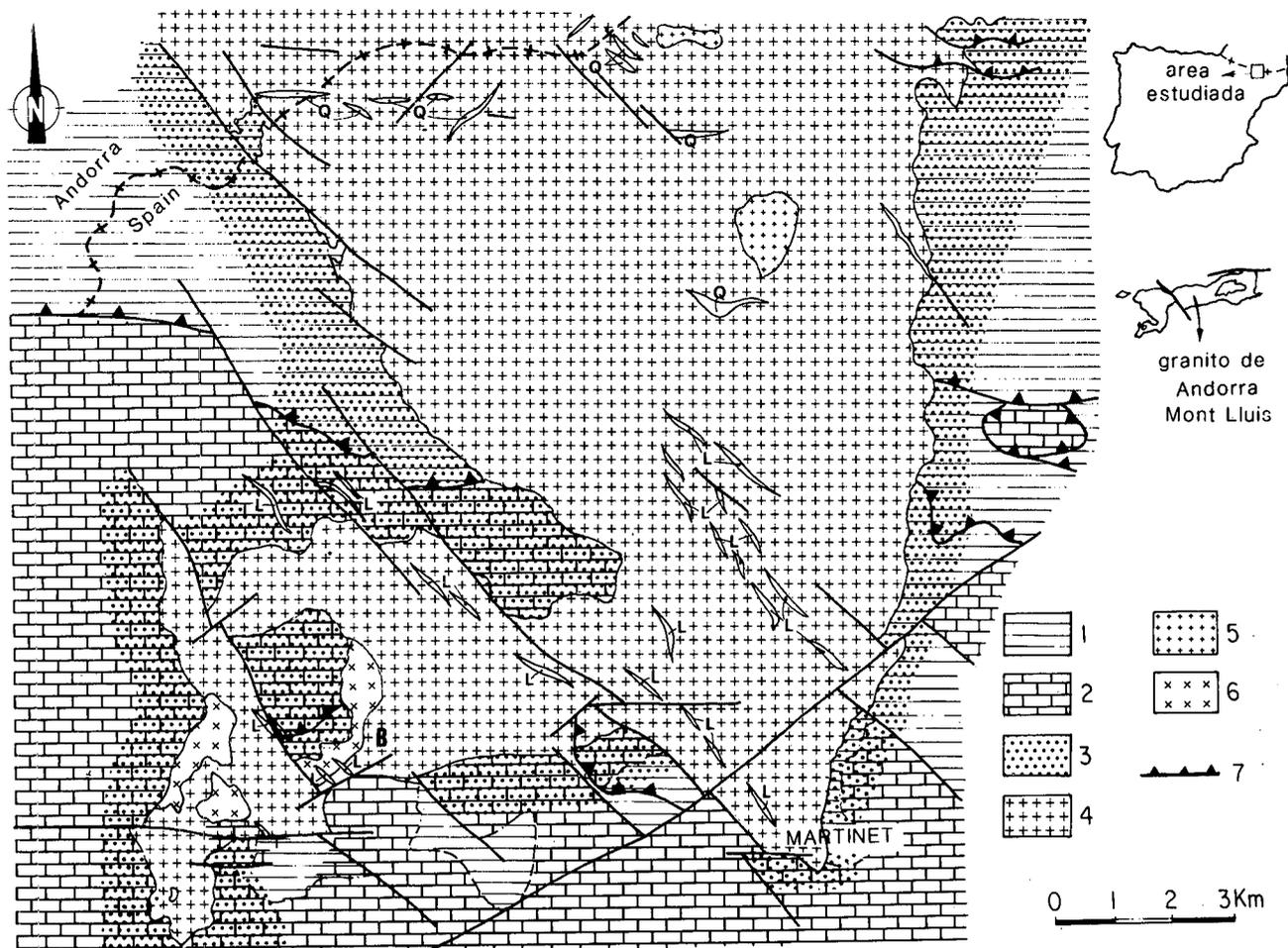


Figura 1.- Mapa geológico del sector SW del batolito de Andorra-Mont Lluís. 1) ritmitas pre-Caradoc y materiales silicico-clásticos del Ordovícico Superior; 2) carbonatos devónicos y pizarras negras silúricas; 3) aureola de metamorfismo de contacto; 4) granodioritas biotíticas y biotítico-hornbléndicas; 5) granitos biotíticos; 6) facies ricas en enclaves microgranudos; 7) cabalgamiento; a) leucogranito; L) rocas filonianas básicas; q) filón de cuarzo. B= Banys de Sant Vicenç.

Figure 1.- Geological map of the southwestern part of the Andorra-Mont Lluís batholite. 1) pre-Caradocian rhythmites and Upper-Ordovician siliciclastics; 2) silurian black-shales and Devonian limestones; contact metamorphism aureole; 4) biotite granodiorite and biotite-hornblende granodiorite; 5) biotite bearing monzogranite; 6) granite rich in fine-grained enclaves; 7) thrust; a) leucogranite; L) dyke of diorite; q) quartz vein. B= Banys de Sant Vicenç.

ya, han modificado apreciablemente la morfología de esta parte del batolito, condicionando en gran parte la distribución actual de los afloramientos graníticos.

## PETROLOGÍA

Las características petrológicas de este sector del plutón son notablemente homogéneas, no apreciándose contactos intrusivos entre las distintas facies reconocidas. Existe un predominio casi absoluto de las

granodioritas biotíticas aunque localmente afloran granodioritas biotítico-hornbléndicas, granitos biotíticos o incluso pequeñas extensiones de leucogranitos aplíticos de repartición irregular (Fig. 1). Asimismo, cabe destacar la existencia de pequeños afloramientos de cuarzdioritas, de aspecto similar a algunos enclaves microgranudos, en las que aparece clino y ortopiroxeno acompañado a la hornblenda y a la biotita.

La distribución de los diferentes tipos graníticos no parece estar condicionada por su posición respecto a las rocas metamórficas encajantes. Las facies horn-

bléndicas, por ejemplo, aparecen con mayor frecuencia en la apófisis más externa del macizo, pero su existencia parece deberse principalmente a la interacción entre el magma granodiorítico y acumulaciones importantes de enclaves microgranudos de composición más básica, ya que, en otras zonas próximas al contacto, pero pobres en enclaves microgranudos, dichas facies son prácticamente inexistentes. En cambio, se aprecia un ligero incremento en biotita hacia los sectores periféricos del plutón, tal como se refleja en la cartografía de Autran (1980b).

Las granodioritas biotíticas están constituídas principalmente por plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y biotita. La plagioclasa, (en cristales hipidiomorfos, generalmente zonados y maclados según la ley de la albíta) se presenta ocasionalmente incluída en cristales alotriomorfos de cuarzo o de feldespato potásico pertítico (ortosa o microlina). La microclina puede presentarse localmente en forma de megacristales dando a la roca un aspecto porfídico. El mineral máfico más abundante es la biotita, tanto en cristales idiomorfos o alotriomorfos, mientras que destacan como accesorios la allanita, el circón, el apatito y la ilmenita (localmente puede haber también pequeñas cantidades de clinopiroxeno y más raramente, ortopiroxeno).

Las granodioritas biotítico-hornbléndicas se distinguen únicamente de las granodioritas biotíticas por la presencia de cristales idiomorfos o hipidiomorfos de hornblenda la cual puede llegar a ser tan abundante como la biotita. Los granitos, en cambio, se diferencian por su mayor contenido en feldespato potásico, así como por una ligera disminución en el de biotita. Las cuarzodioritas se caracterizan por su textura equigranular de grano fino (aprox. 1 mm) y su color oscuro, aflorando en pequeños "stocks" decamétricos. Están constituídas por cristales idiomórficos de plagioclasa que a menudo se hallan englobadas en granos de cuarzo y feldespato potásico. El mineral máfico principal es la biotita, si bien localmente pueden contener clino y ortopiroxeno parcialmente reemplazados por hornblenda. En los contactos intrusivos de los granitoides se observa la penetración del material ígneo por las superficies de discontinuidad (planos de estratificación y diaclasas) indicando un emplazamiento en dominio frágil y llegando a incluir bloques de la roca encajante en el interior del granito (*magmatic stoping*). En situaciones geométricas favorables, en los que el contacto intrusivo corta a las superficies de estratificación de los materiales devónicos, se produce la intrusión de láminas graníticas paralelamente a los estratos calcáreos. Estas láminas pueden tener un metro, desarrollándose *skarns* en algunas de ellas, tanto en el carbonato encajante como en la propia roca ígnea, pudiendo llegar a transformarse toda ella en un *endoskarn*. (Soler y Ayora, 1989). Otras láminas no llegan a producir *skarns* lo que

sugiere un empobrecimiento local en agua en dichos casos.

El metamorfismo de contacto inducido por el granitoide da origen a un moteado de cordierita en las cornubianitas derivadas de pizarras o filitas, o bien de andalucita quistolítica en las pizarras negras del Silúrico. Sólo localmente, en el contacto mismo con el granito se ha observado la formación de sillimanita. En los materiales carbonáticos del Devónico se forman calcosilicatos por reacción entre los carbonatos, y las impurezas silicatadas de éstos, siendo la idocrasa el principal mineral neoforado. Localmente se forman *skarns* de mineralogía compleja. (Soler y Ayora 1989a; Soler y Ayora, 1989b).

En el interior de las rocas plutónicas se han reconocido dos tipos de enclaves, cornubianíticos y microgranudos. Los enclaves cornubianíticos son escasos y generalmente se sitúan hacia la periferia del granitoide. Normamente contienen andalucita y/o sillimanita.

Los enclaves microgranudos tienen una distribución irregular, siendo generalmente escasos, aunque en el sector de Els Banys de Sant Vicenç forman una

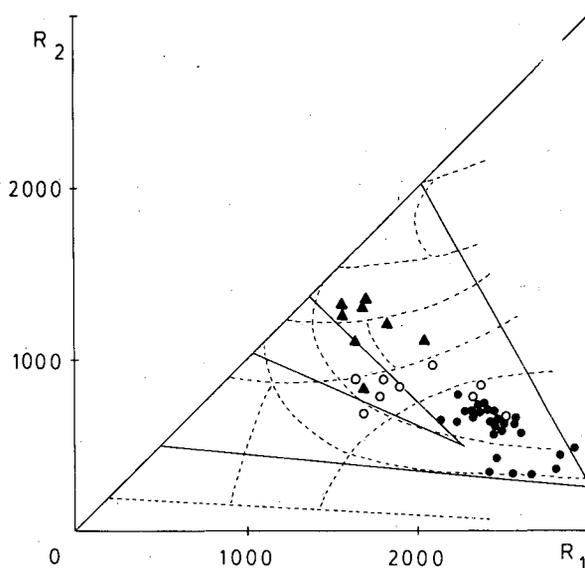


Figura 2.- Diagrama R1R2. Rocas plutónicas (círculos), filonias básicas (triángulos) y enclaves microgranudos (circunsferencias).

Figure 2.- R1R2 plot. Plutonic rocks (solid circle), Dykes (triangle) and fine grained enclaves (empty circle).

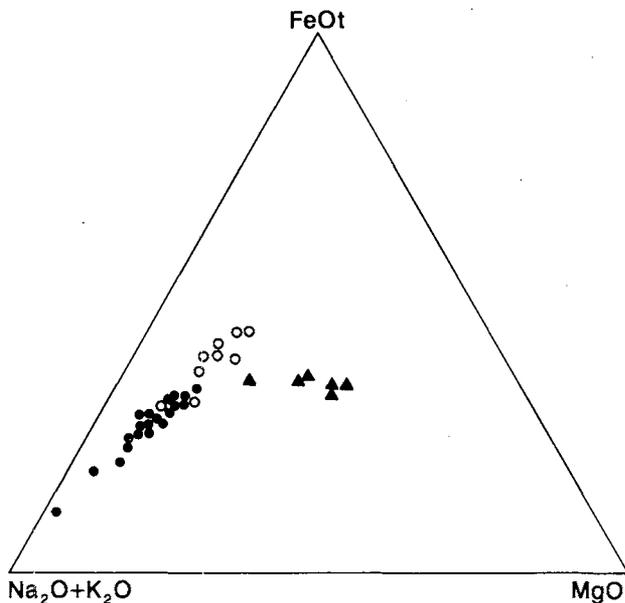


Figura 3.- Diagrama AFM. Rocas plutónicas (círculos), filonianas básicas (triángulos) y enclaves microgranudos (circunferencias).

Figure 3.- AFM plot. Symbols as figure 2.

gran acumulación en la que la granodiorita biotítico-hornbléndica ocupa una posición intersticial. La composición de los enclaves microgranudos varía generalmente entre tonalítica y monzodiorítica, conteniendo abundante biotita y a veces hornblenda. Su tamaño de grano varía entre fino y medio (1-3 mm).

Tanto el batolito granítico como su encajante están atravesados por un conjunto de diques principalmente básicos (de dirección preferente NW-SE) que llegan a alcanzar longitudes kilométricas, aunque también existen algunos diques de menor extensión constituidos por aplitas y pórfidos graníticos. La orientación preferente de los diques básicos coinciden en gran parte con la dirección principal de las fallas dominantes observadas en el área y algunos se hallan claramente afectados por ellas. También cabe destacar la coincidencia de orientación de estas fracturas con las de algunas manifestaciones volcánicas emplazadas en los materiales del Pérmico Superior, próximas al área estudiada (Gisbert, 1981). Dado que la edad de los diques básicos es menor que la de las rocas plutónicas del batolito (Pérmico inferior, Vitrac y Allègre, 1975), su emplazamiento podría haber sido contemporáneo con el de las rocas volcánicas mencionadas. Los diques básicos (lamprófidos de Hartevelt, 1970) con una composición química comprendida entre diorítica y

gabrodiorítica (fig. 2), son generalmente porfídicos. La matriz está constituida por pequeños cristales idiomorfos de plagioclasa y anfíbol. Esta matriz envuelve fluidalmente fenocristales de plagioclasa, agregados de clorita y epidota procedentes de la desestabilización de minerales ferromagnésicos, y xenocristales de cuarzo procedente aparentemente de la asimilación de los granitoides encajantes. Los granos de cuarzo presentan coronas de reacción con formación de piroxeno. Ocasionalmente contienen enclaves de dioritas de grano grueso.

Todos estos diques básicos suelen presentar una alteración importante que se manifiesta por la aparición de fases secundarias hidratadas, hallándose las plagioclasas generalmente reemplazadas por sericita, epidota y calcita, y los anfíboles por cloritas.

El modo de yacimiento en forma de diques, su intervalo composicional intermedio-básico, el tipo de minerales máficos primarios presentes (indicativos de una cristalización en condiciones hidratadas) y la frecuente aparición de minerales secundarios, aproximan a estas rocas a los lamprófidos de tipo espesartítico (Rock, 1984). Sin embargo, la presencia constante de fenocristales de plagioclasa las haría más semejantes a microdioritas o microgabros.

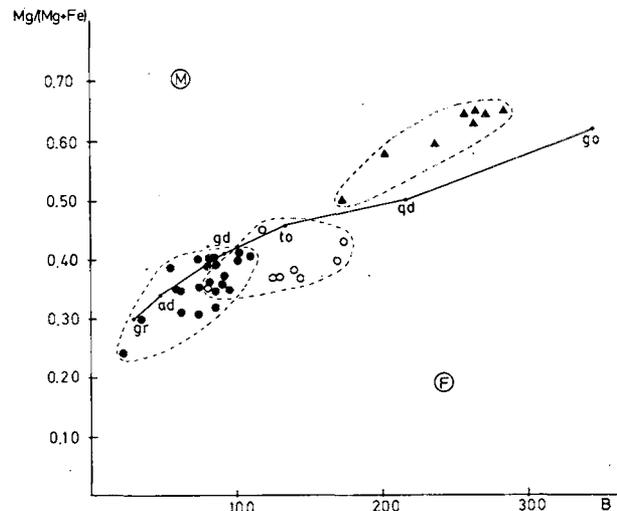


Figura 4.- Diagrama Mg / (Mg+Fe) frente al parámetro B (Debon y Le Fort, 1988). M: asociaciones magnésicas, F: asociaciones férricas.

Figure 4.- Mg / (Mg+Fe) versus B parameter diagram (Debon y Le Fort, 1988). M: magneisian associations, F: ferric association.

TABLA I.- Composiciones químicas de referencia y parámetros característicos de las muestras correspondientes a la terminación SW del batolito de Andorra-Mont Lluís. Rocas plutónicas: Leucogranito: 1. Granitos biotíticos: 2-3. Granodioritas biotíticas y biotítico-hornbléndicas: 4-30. Enclaves microgranudos: 31-39. Rocas filonianas básicas: 40-47. Diques aplíticos: 48-50.

TABLE I.- Representative chemical compositions of the igneous rocks from the southwestern part of the Andorra-Mont Lluís batholith. Plutonic rocks: leucogranite: 1. Biotite-bearing granite: 2-3. Biotite-bearing granodiorite: 4-29. Biotite-hornblende bearing granodiorite: 30. Fine-Grained enclaves: 31-39. Dykes of basic composition: 40-47. Dykes of aplite: 48-50.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
SiO2	76.11	74.62	70.97	69.09	70.90	67.14	68.49	68.79	65.31	69.48	SiO2	58.80	61.21	59.63	64.28	62.25	60.24	64.96	60.59	68.57	54.23
TiO2	0.15	0.18	0.42	0.46	0.44	0.51	0.45	0.38	0.54	0.42	TiO2	0.99	0.82	0.99	0.91	0.82	1.05	0.66	0.80	0.42	0.88
AL2O3	12.70	11.82	14.12	15.13	14.68	15.58	14.83	15.22	15.29	14.66	AL2O3	16.16	15.61	15.64	15.82	16.55	16.14	15.48	16.36	14.84	15.88
FE2O3*	2.1	2.04	2.76	3.29	3.13	3.98	3.85	3.29	4.64	3.74	FE2O3*	7.29	6.03	6.98	6.73	4.77	7.51	5.74	6.47	3.81	7.14
MNO	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.07	nd	0.06	nd	nd	MNO	nd	nd	0.07	0.13	0.08	0.09	0.11	0.10	0.08	0.11
MGO	0.19	0.40	0.79	0.90	0.75	1.11	1.29	0.83	1.62	1.15	MGO	2.80	1.77	1.86	1.97	1.95	2.49	1.48	1.99	1.07	6.62
CAO	0.98	1.67	0.88	2.64	2.32	3.20	2.79	3.05	2.49	2.68	CAO	3.94	3.53	4.51	4.00	2.45	4.77	3.79	3.90	2.97	6.76
NA2O	2.83	3.28	2.83	3.04	3.11	3.10	3.02	3.21	3.09	2.99	NA2O	3.30	3.48	3.59	3.33	5.06	2.79	3.00	3.18	3.04	3.44
K2O	5.22	3.91	8.06	3.95	4.56	4.01	3.85	3.93	4.19	3.83	K2O	3.84	3.83	2.99	2.24	2.26	3.06	3.28	3.52	3.66	2.06
P.F.	0.42	0.65	1.47	1.12	0.51	0.56	0.86	0.82	1.92	0.93	P.F.	1.95	2.03	2.63	0.97	3.13	2.31	1.73	2.19	1.13	2.99
P2O5	0.42	0.65	0.17	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	P2O5	nd	nd	0.17	0.13	0.18	0.18	0.18	0.22	0.11	0.20
TOTAL	99.84	98.63	99.32	100.09	100.45	99.43	99.38	99.58	99.09	99.98	TOTAL	99.97	98.31	99.06	100.51	99.50	100.63	100.41	99.32	99.70	100.31
R1	2809	2833	2463	2493	2461	2315	2482	2430	2142	2565	R1	1639	1773	1797	2382	1680	2091	2333	1900	2523	1707
R2	363	430	410	624	573	703	653	666	647	631	R2	877	772	882	836	684	951	783	837	662	1363
A	12	-16	47	21	8	6	12	2	22	14	A	-11	-13	-33	13	26	-8	2	4	9	-84
B	22	37	57	74	63	86	85	67	105	81	B	173	130	146	145	118	169	117	140	80	265
D	208	205	184	170	169	149	168	198	144	176	D	91	104	98	154	105	122	149	112	169	66
P	2	-53	0	-61	-45	-72	-65	-75	-55	-63	P	-95	-94	-153	-131	-159	-110	-95	-97	-73	-188
F	325	313	314	311	323	320	302	330	306	298	F	291	321	311	236	332	264	289	303	306	224
Mg/Mg+Fe	0.40	0.28	0.38	0.32	0.32	0.34	0.40	0.33	0.41	0.38	Mg/Mg+Fe	0.43	0.37	0.34	0.37	0.45	0.40	0.34	0.38	0.36	0.65
QZ	37.48	36.94	33.15	30.63	30.45	26.89	30.27	28.47	25.95	31.71	QZ	16.40	18.74	17.66	27.75	18.92	21.98	26.85	20.18	30.45	11.89
BX	3.96	6.67	10.27	13.33	11.35	15.49	15.31	12.07	18.92	14.59	BX	31.17	23.42	26.31	26.13	21.26	30.45	21.08	25.23	14.41	47.74
FX	58.56	56.39	56.58	56.04	58.20	57.66	54.42	59.46	55.13	53.69	FX	52.43	57.84	56.03	46.12	59.82	47.57	52.07	54.59	55.14	40.36

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
SiO2	70.18	68.48	67.73	64.75	70.67	69.45	67.30	67.21	69.12	67.68	SiO2	53.24	55.16	54.10	55.77	59.24	58.42	53.10	76.50	75.72	76.44
TiO2	0.45	0.55	0.42	0.57	0.31	0.41	0.45	0.49	0.38	0.46	TiO2	0.99	0.84	1.00	1.11	0.80	1.01	1.02	0.53	0.07	0.04
AL2O3	15.09	15.29	15.25	15.43	14.67	14.31	15.11	15.89	14.58	15.28	AL2O3	17.00	16.03	16.50	16.42	16.33	16.66	15.65	13.54	12.46	
FE2O3*	3.60	4.63	3.63	4.89	2.88	3.27	3.95	4.23	3.39	3.84	FE2O3*	7.37	6.99	7.45	7.34	6.53	6.27	7.54	0.41	0.78	0.47
MNO	nd	nd	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	MNO	nd	0.17	0.14	0.14	0.12	0.12	0.15	0.02	0.03	0.02
MGO	1.22	1.27	1.10	1.69	0.77	1.11	1.23	1.26	0.95	1.25	MGO	6.35	6.39	6.65	5.30	3.26	4.44	7.10	0.24	0.26	0.42
CAO	2.87	3.18	2.92	3.79	2.18	2.81	2.96	3.06	2.39	3.17	CAO	6.21	5.43	5.78	4.97	3.25	5.42	6.16	0.46	0.53	0.58
NA2O	3.01	3.16	3.40	3.05	3.34	3.31	2.99	3.03	3.03	2.90	NA2O	3.49	2.61	3.52	3.65	3.54	3.09	3.28	3.78	4.01	3.25
K2O	3.29	3.93	3.52	3.82	3.23	3.99	3.83	3.99	3.90	3.90	K2O	2.27	3.11	2.45	2.40	3.50	2.44	2.02	4.58	4.98	5.85
P.F.	0.51	0.62	0.88	1.13	0.62	0.55	1.14	1.13	0.99	1.31	P.F.	2.52	2.10	3.00	3.15	3.21	1.84	2.94	6.42	6.17	
P2O5	nd	nd	0.12	0.15	0.12	0.11	0.14	0.14	0.13	0.11	P2O5	nd	0.20	0.18	0.24	0.16	0.24	0.21	0.05	0.05	0.04
TOTAL	100.92	101.11	99.24	99.15	99.86	99.39	99.21	100.05	99.03	99.97	TOTAL	99.44	99.03	100.77	100.49	100.14	99.97	99.17	99.95	100.59	99.74
R1	2570	2389	2334	2245	2451	2424	2409	2494	2499	2457	R1	1566	1823	1568	1645	1686	2040	1684	2670	2433	2556
R2	664	703	666	792	559	636	674	702	589	701	R2	1313	1212	1272	1117	834	1127	1318	325	335	327
A	12	1	7	-8	12	-11	13	30	18	10	A	-49	-29	-48	-24	20	-18	-61	28	11	-5
B	81	96	78	110	59	74	86	90	71	85	B	262	257	271	237	173	201	283	11	17	18
D	173	157	153	139	169	160	164	173	161	161	D	61	91	66	82	101	108	73	200	179	188
P	-64	-75	-83	-89	-57	-72	-68	-77	-56	-67	P	-175	-115	-145	-155	-98	-145	-173	-33	-33	9
F	301	302	324	306	327	321	309	301	311	309	F	232	207	218	236	281	244	199	344	359	349
Mg/Mg+Fe	0.40	0.35	0.37	0.41	0.35	0.40	0.38	0.37	0.36	0.39	Mg/Mg+Fe	0.63	0.64	0.64	0.59	0.50	0.58	0.65	0.54	0.40	0.64
QZ	31.17	28.29	27.57	25.04	30.45	28.83	28.83	29.55	31.17	29.01	QZ	10.99	16.40	11.89	14.77	18.20	19.46	13.15	36.04	32.26	33.87
BX	14.59	17.30	14.05	19.82	10.63	13.33	15.49	16.22	12.79	15.31	BX	47.21	46.30	48.83	42.70	31.17	36.22	50.99	1.98	3.06	3.25
FX	54.23	54.41	58.38	55.13	58.92	57.84	55.68	54.23	56.04	55.68	FX	41.80	37.30	39.28	42.53	50.63	44.32	35.86	61.98	64.68	62.88

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO2	68.78	66.41	66.81	66.55	70.40	68.00	66.55	69.09	66.68	66.87
TiO2	0.40	0.55	0.48	0.53	0.33	0.46	0.48	0.41	0.44	0.55
AL2O3	14.56	15.35	15.16	14.95	14.26	15.04	15.58	15.29	14.94	15.31
FE2O3*	3.60	4.42	4.10	4.47	3.00	4.04	4.27	3.64	4.09	4.48
MNO	0.08	0.10	0.08	0.04	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	nd
MGO	1.00	1.43	1.40	1.59	0.61	1.09	1.25	1.05	1.15	1.53
CAO	2.80	3.32	3.09	2.88	2.38	2.99	3.10	2.70	2.80	3.17
NA2O	2.94	2.95	3.06	2.76	3.17	3.08	3.08	3.22	3.17	2.97
K2O	3.67	3.65	3.80	4.12	3.75	3.66	3.99	3.74	4.13	3.88
P.F.	1.26	1.59	1.15	2.18	0.75	0.69	1.15	0.59	0.75	0.82
P2O5	0.11	0.13	0.12	0.13	0.12	0.16	0.15	0.15	0.15	nd
TOTAL	99.23	100.09	99.25	100.20	99.06	99.28	99.66	99.94	98.36	99.58
R1	2578	2397	2359	2363	2601					

TABLA II.- Composiciones químicas medias y parámetros característicos de las principales facies plutónicas cartografiadas; n= número de muestras analizadas. Análisis químicos: P. Enrique (Dep. Geoquímica, P. i P.G.); Servei d'Espectroscòpia; Servei d'Anàlisi Químiques Fac. Geologia. Universitat de Barcelona. Fe2O3t= hierro total; P.F.= pérdida por calcinación a 1000°C; A= Al-(K+Na+2Ca), B= Fe+Mg+Ti, Q= Si/3-(K+Na+2Ca/3), P= K-(Na+Ca), F= 555 -(Q+B). Porcentajes mineralógicos calculados a partir de la composición química (De la Roche, 1964). La nomenclatura se refiere a las clasificaciones de De la Roche *et al.*, 1980 (R1R2) y Debon y Le Fort, 1988 (QP-AB): GD granodiorita, GR granito, AD adamellita.

TABLE II.- Mean chemical composition of the most representative facies of the mapped plutonic rocks; n= number of analyses. Fe2O3= total iron; P.F.= Ignition loss at 1000°C; A= Al-(K+Na+2Ca), B= Fe+Mg+Ti, Q= Si/3-(K+Na+2Ca/3), P= K-(Na+Ca), F= 555-(Q+B). Mineralogical percentage calculated from the chemical composition (De la Roche, 1964). Rock types according to De la Roche *et al.*, 1980 (R1R2) and Debon & Le Fort, 1988 (QP-AB): GD Granodiorite, GR granite. AD adamellite. Chemical analyses: P. Enrique (Dep. Geoquímica, P. i P.G.); Servei d'espectroscòpia of Univ. Barcelona; Servei d'anàlisi Química of Fac Geologia (Univ. Barcelona).

FACIES	GRANDIODORITA BIOTITICO- HORNBLENDICA	GRANDIODORITA BIOTITICA	GRANITO BIOTITICO
n	1	27	2
SiO2	66.87	68.23	73.65
TiO2	.55	.45	.27
Al2O3	15.31	15.02	13.18
Fe2O3t	4.48	3.82	2.63
MnO	-	0.07	0.05
MgO	1.53	1.16	0.52
CaO	3.17	2.80	1.58
Na2O	2.97	3.07	3.00
K2O	3.88	3.94	3.82
P2O5	-	0.13	0.08
P.F.	0.82	1.02	0.87
Total	99.58	99.71	99.65
A	9	12	24
B	101	82	49
Q	155	162	212
P	-70	-65	-44
F	299	311	294
Mg/(Mg+Fe)	0.40	0.37	0.28
Cuarzo %	27.93	29.19	38.20
Maficos %	18.20	14.77	8.83
Feldespatos %	53.87	56.03	52.97
Nomenclatura	R1R2 QP-AB	GD AD-III	GR GR-II

orientales, en particular con el batolito de Saint Laurent-La Jonquera (Autran *et al.*, 1970; Cocherie, 1985; Liesa, 1988). Si se consideran las rocas plutónicas y los enclaves microgranudos independientemente de las rocas filonianas básicas, puede observarse que constituyen una asociación de tipo aluminico-cafémico tal como pone en evidencia su representación en el diagrama A-B de Debon y Le Fort (1983), donde se destaca una preponderancia de términos ligeramente paralumínicos junto a una escasa proporción de térmi-

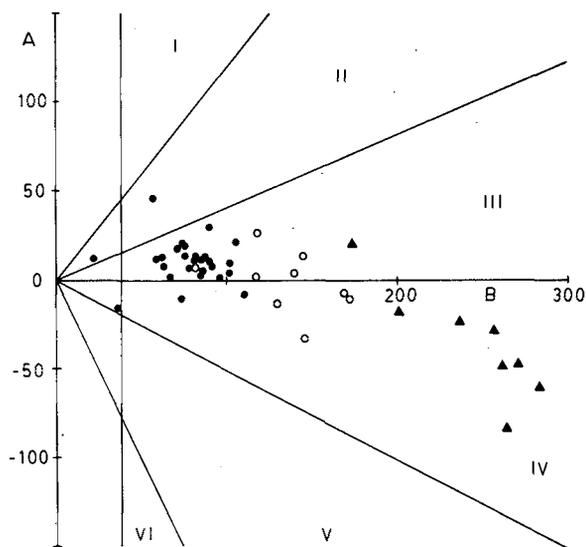


Figura 5.- Diagrama AB. Rocas plutónicas (círculos), filonianas básicas (triángulos) y enclaves microgranudos (circunsferencias).

Figure 5.- AB plot. Symbols as figure 2.

nos ricos en minerales máficos (fig. 5). Al igual que el resto de los granitos pirenaicos "en macizos superiores" la asociación plutónica correspondiente al sector SW del batolito de Andorra-Mont Lluís muestra unas características generales de tipo calcoalcalino (figs. 2 y 3) si bien presenta una cierta tendencia hacia tipos subalcalinos tal como queda reflejado en la pendiente pronunciada de las muestras en el triángulo QBF (Debon y Le Fort, 1983).

La presentación de las muestras en el diagrama R1R2 nos indica la existencia de un predominio de términos granodioríticos típicamente calcoalcalinos (Bowden *et al.*, 1984; Batchelor y Bowden, 1985), si bien los enclaves muestran un claro desplazamiento hacia tipos monzoníticos que causa una importante disminución en la pendiente de la nube de puntos del diagrama. Sin embargo, la ausencia de stocks de rocas plutónicas básicas reconocidas en este sector limita considerablemente la caracterización de la serie ya que los enclaves, debido a su pequeño tamaño, pueden hallarse químicamente modificados por el granitoide encajante, particularmente en lo que respecta a los álcalis (Leterrier y Debon, 1978; Enrique, 1985). Las mismas razones impiden la determinación precisa del índice de Peacock debido a la modificación de las relaciones álcalis-calcio, si se incluyen los enclaves en el cálculo, o a la excesiva extrapolación si se prescinde de ellos.

## CONCLUSIONES

Las rocas plutónicas de la parte sur-occidental del batolito de Andorra-Mont Lluís están constituidas principalmente por granodioritas biotíticas, granodioritas biotítico-hornbléndicas y granitos biotíticos, sin contactos intrusivos evidentes entre ellas.

Los enclaves microgranudos tienen una amplia distribución en la mayor parte de las facies estudiadas si bien su abundancia puede variar notablemente de un afloramiento a otro.

El batolito se halla atravesado por un conjunto de diques básicos cuyas composiciones difieren significativamente de las rocas plutónicas encajantes.

Tomando en consideración las rocas plutónicas, ya sea independientemente o conjuntamente con sus enclaves microgranudos, constituyen una típica asociación aluminó-ferrosa con la mayor parte de sus términos algo paraluminos. Asimismo, a pesar del rango composicional limitado, muestran unas características calcoalcalinas con una ligera tendencia subalcalina y una baja relación  $Mg/(Mg + Fe)$ .

## BIBLIOGRAFÍA

- AUTRAN, A., 1980a: Les Granites des Pyrénées. En: *Evolutions Géologiques de la France*. Coord. A. Autran y J. Dercourt. Mem. du B.R.G.M. no 107.
- AUTRAN, A., 1980b: Le cadre paléozoïque et orogénique hercynien de la formation des gites de skarns à tungstène des Pyrénées. En: *Mineralizations liées aux granitoïdes*. Editor Z. Joan.
- AUTRAN, A., FONTEILLES, M. y GUITARD, G., 1970: Relations entre les intrusions de granitoïdes, l'anatexis, et le métamorphisme régional considérées principalement du point de vue de l'eau: cas de la Chaîne Hercynienne des Pyrénées Orientales. *Bull. Soc. Géol. de France* (7) XII, no 4, 673-731.
- BATCHELOR, R.A. and BOWDEN, P., 1985: Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chem. Geol.* 48: 43-55.
- BOWDEN, P., BATCHELOR, R.A., CHAPELL, B.W., DIDIER, J. and LAMEYRE, J., 1984: Petrological, Geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussion. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 35, 1-11.
- CASAS, J.M., DOMINGO, F., POBLET, J. and SOLER, A., 1989: On the role of the hercynian and Alpine thrusts in the Upper Paleozoic rocks of the Central and Eastern Pyrenees. *Acta Geodinamica* (In Press).
- COCHERIE, A., 1985: *Interaction Manteau-Croûte: son rôle dans la genèse d'associations plutoniques calco-alcalines, contrastées géochimiques (éléments en traces et isotopes du strontium et de l'oxygène)*. Thèse Doct. Univ. Rennes. Documents du B.R.G.M. No 90.
- DEBON, F., 1988: Le pluton à structure concentriques du Néouvieuille (Hautes-Pyrénées): typologie chimique, âge et genèse. *C.R. Acad. Sci. Paris*: 306 (2): 49-54.
- DEBON, F., and LE FORT, P., 1983: A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Trans. Royal, Soc. Edinburgh: Earth Sci.* 73: 135-149.
- DEBON, F., and LE FORT, P., 1988: A cationic classification of common plutonic rocks and their magmatic associations: principles, method. applications. *Bull. Minéral.* 111: 493-510.
- DE LA ROCHE, H., 1964: Sur l'expression graphique des relations entre la composition chimique et la composition minéralogique quantitative des roches cristallines. Présentation d'un diagramme destiné à l'étude chimico-mineralogique des massifs granitiques ou grano-dioritiques. Application aux Vosges cristallines. *Sci. Terre*, 9, 3, 293-337.
- DE LA ROCHE, H., LETERRIER, J., GRANDLAUDE, P. and MARCHAL, M., 1980: A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2. Diagram and major element analyses—its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.* 29: 183-210.
- ENRIQUE, P., 1985: *La asociación plutónica tardi-Herciniana del Macizo del Montnegre, Catalánides Septentrional (Barcelona)*. Tesis. Univ. Barcelona. (inéd.).
- ENRIQUE, P., 1989: Caracterización geoquímica mediante elementos mayores de los granitoïdes de la vertiente meridional del Pirineo Central. *Studia Geol. Salmant.*
- GISBERT, J., 1981: *Estudio Geológico y Petrológico del Estefaniense y Permico de la Sierra del Cadí (Pirineo de Lérida): Diagénesis y sedimentología*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, (inéd.).
- HARTEVELT, J.J.A., 1970: Geology of the Upper Segre and Valira valleys, Central Pyrenees. Andorra, Spain, *Leidse, Geol. Meded.* 45: 167-236.
- LETERRIER, J. and DEBON, F., 1978: Caractères chimiques comparés des roches granitoïdes et de leurs enclaves microgrenues. Implications génétiques. *Bull. Soc. géol. France*, (7) 20 (1): 3-10.
- LIESA, M., 1988: *El Metamorfismo del Vessant Sud del Massís del Roc de Fraussa (Pirineus Orientals)*. Tesis. Universitat de Barcelona (inéd.).
- ROCK, N.M.S., 1984: Nature and origin of calc-alkaline lamprophyres: minettes, vogesites, kersantites and spessartites. *Trans. Royal soc. Edinburgh: Earth Sciences*, 74: 193-227.
- SOLER, A., AYORA, C., CARDELLACH, E. y DELGADO, J., 1989: Gold bearing hedenbergite and pyrrhotite skarn from the SW contact of the Andorra granite (Central Pyrenees, Spain). *Gold in Europe*. Abstract.
- SOLER, A., AYORA, C., 1990: Gold bearing arsenopyrite bodies in skarns from l'Alt Urgell, Central Pyrenees, Spain. En: Auguthis (Ed.): *Skarns their genesis and metallogeny*. Theophrastus Publications, Athens. En prensa.
- VITRAC-MICHARD, A. and ALLEGRE, C.J., 1975: A Study of the Formation and History of a Piece of Continental Crust by 87Rb-87Sr Method: The Case of the French Oriental Pyrenees. *Contrib. Mineral. Petrol.* 50: 257-285.
- ZWART, H.J., 1979: The geology of the Central Pyrenees. *Leidse. Geol. Medel.* 50: 1-74.

Recibido, marzo 1989