

4.3. PETROLOGIA

La descripció petrològica dels gresos de Montjuïc s'ha dut a terme a partir de l'observació detallada de làmines primes i del comptatge d'aquestes per tal de poder quantificar els diferents components de la roca. Els components d'un gres es poden dividir a grans trets en components detrítics i diagenètics, en aquest apartat s'intenta fer una descripció detallada d'ambdós categories a més de descriure en detall el rebliment de les nombroses fractures que afecten als gresos. Aquesta descripció s'ha fet des d'un punt de vista geomètric i químic, sense aprofundir en consideracions genètiques les quals són abordades en els propers apartats.

4.3.1. Composició detrítica dels gresos

Els materials detrítics de Montjuïc presenten una àmplia varietat granulomètrica, que abasta totes les mides de gra possibles, des del llim fins a la rudita. El grau d'arrodoniment és mig a alt i l'esfericitat és variable però sol ser alta. La porositat intergranular primària en la majoria de mostres és inferior a 3 %. La porositat secundària (entre 1 i 4 %) és intragranular, acostuma a ser lleugerament inferior a la primària i es forma principalment per dissolució dels feldspats més alterats.

Composicionalment, són gresos immadurs, amb quantitats importants de feldspats potàssics i fil·lites. En general, es poden classificar com litarenites o com grauvaques lítiques depenent de si el seu contingut en matriu excedeix o no el 15 % (Dott, 1964). La composició és essencialment siliciclàstica, amb una gran diversitat de fragments de roca procedents de la serralada Litoral (Almera, 1880).

Quantitativament (Taula 4.3), l'esquelet de la roca està format per: (i) quars (entre 15 i 45 %), essent dominant la tipologia monocristal·lina respecte a la policristal·lina i al quars en fragments de roca; (ii) fragments de roca fins (entre 4 i 25 %), essencialment d'origen metamòrfic i plutònic; (iii) feldspat potàssic (entre 4 i 13 %), predominant l'ortosa sobre la microclina i (iv) plagiòclasi (entre 0 i 6 %) (Fig. 4.6.A i B). Com a accessoris apareixen biotita, moscovita, zircó, clorita, turmalina, còdols tous i intraclasts de gres. Als gresos formats en ambients deposicionals marins apareixen bioclasts (entre 0 i 3 %; Fig. 4.6.C) i intraclasts micrítics (entre 0 i 2 %), a la resta de gresos els fragments carbonàtics han estat dissolts, reemplaçats per sílice o hi són absents.

El feldspat potàssic es troba en diferents graus d'alteració (Fig. 4.6.D), des de totalment fresc a totalment alterat a il·lita (fins a 7 %) i, en menor grau, a caolinita (fins a 2 %) i sovint presenta una envolta d'òxids de ferro. La plagiòclasi és escassa tant en forma de gra monomineral com en fragment de roca on forma porositat secundària, tan sols es troba fresca a les unitats del Castell i del Mirador (Taula 4.3). Cal remarcar l'escassetat de miques a tota la sèrie, mentre que a l'àrea font la presència d'aquests minerals és important.

La composició de l'esquelet no és homogènia, s'observen diferències entre els gresos de granulometries fines i els de granulometries mitges o superiors (Fig. 4.7). Als de mida fina hi ha un predomini dels fragments de roca metamòrfics (entre 6,7 i 23,7 %), en concret i per ordre d'abundància: fil·lita micàcia, esquist i fil·lita silícia. Els fragments de roca plutònica també poden ser importants (entre 0,8 i 7,4 %), per ordre d'abundància: granit, aplita, pòrfir granític i pegmatita.

Taula 4.3.- Composició modal mitjana dels gresos de Montjuïc.

Unitat Mostra	Unitat del Morrot						Unitat del Castell									Unitat del Mirador	
	FMR-1	FMR-3	FMR-21	FMR-27	FMR-33	FMM-9	FMM-17	FMM-18	FMM-23	FMM-27B	FMM-30	FMM-32	FMJ-1	FMJ-5	FMJ-9	FMJ-15	FMP-12
Component	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Quars detrític	36,78	39,76	14,86	30,80	39,30	30,27	18,42	24,55	40,97	44,44	40,33	38,22	34,35	44,76	30,80	23,57	40,53
Q monocristal·li	18,89	20,08	10,10	16,60	17,92	21,71	15,94	19,80	24,50	19,64	25,10	17,23	21,34	16,13	12,00	12,30	15,32
Q policristal·li groller	12,33	5,27	1,58	5,40	8,40	1,99	--	1,19	6,02	7,74	5,14	9,31	3,05	9,07	9,60	3,69	9,07
Q policristal·li fi	0,60	2,84	0,40	4,20	6,57	6,37	2,48	3,37	6,43	3,37	2,88	2,18	8,33	3,43	3,00	3,07	7,86
Q en F.R. granític	3,18	8,72	2,38	3,40	2,66	0,20	--	--	0,60	6,75	5,76	6,73	0,41	11,09	4,00	2,25	5,24
Q en F.R. aplític	0,20	0,41	0,20	0,40	0,18	--	--	--	0,20	1,19	0,21	0,59	--	0,60	0,20	0,20	0,40
Q en F.R. pegmatític	1,19	1,42	--	--	1,45	--	--	--	0,40	4,37	0,41	0,79	--	1,81	0,60	0,20	0,81
Q en F.R. porfíric	0,40	--	--	--	0,24	--	--	--	--	--	--	0,99	--	--	1,20	--	--
Q en fil·lita	--	--	--	--	--	--	--	--	0,40	--	--	--	--	1,41	0,20	1,84	0,60
Q en esquist	--	1,01	0,20	0,80	1,88	--	--	0,20	2,81	0,99	0,82	0,40	1,22	1,21	--	--	1,21
Feldspat K detrític	13,32	10,34	4,36	13,40	9,17	12,55	8,70	7,92	10,44	11,90	7,20	9,11	8,94	8,67	2,20	7,38	3,02
Ortosa	8,95	5,27	3,76	10,00	6,21	12,15	8,70	7,13	9,64	6,94	5,56	5,74	8,74	3,02	1,40	4,92	2,02
Microclina	0,60	0,41	0,20	0,20	0,55	0,20	--	0,20	0,40	0,60	--	0,20	--	--	--	--	--
FK policristal·li	0,20	2,23	--	0,60	0,90	--	--	--	0,60	0,82	0,20	--	0,81	--	0,20	0,20	0,20
FK en F.R. granític	1,19	1,01	0,40	1,80	0,55	0,20	--	0,40	0,20	0,60	--	1,98	--	2,62	0,80	1,43	0,20
FK en F.R. aplític	0,60	1,01	--	0,40	0,42	--	--	0,20	0,20	0,60	0,82	0,20	--	--	--	--	--
FK en F.R. pegmatític	1,59	0,41	--	0,40	0,55	--	--	--	--	2,58	--	0,79	0,20	2,22	--	0,82	0,60
FK en F.R. porfíric	0,20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Plagiòclasi detrític	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2,18	0,21	6,14	3,25	4,64	1,00	0,20	--
Plagiòclasi	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1,59	--	4,55	3,25	3,43	--	0,20	--
P en F.R. granític	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,60	0,21	0,99	--	0,80	0,20	--	--
P en F.R. porfíric	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,59	--	0,40	0,80	--	--
Lítics fins	15,51	10,75	3,76	13,40	10,15	25,30	10,97	15,07	12,04	5,96	3,50	9,51	8,34	9,68	8,60	2,46	17,54
Chert	0,60	0,20	0,59	0,60	1,63	1,20	0,83	1,39	1,00	0,40	0,41	0,20	2,24	1,21	1,80	--	1,81
Radiolarita	--	--	--	--	0,72	--	--	--	0,80	--	--	--	--	--	--	--	--
F.R. aplític	4,37	2,03	0,40	0,60	0,55	0,40	--	0,20	--	3,17	--	2,18	0,41	0,40	0,20	--	1,61
Porfí amb Feldspat K	1,39	2,23	--	--	1,08	--	--	--	--	--	--	--	0,20	--	--	1,43	--
Porfí amb Plagiòclasi	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,40	--	1,21	0,40	--	--
Fil·lita micàcia	1,19	2,03	0,79	8,00	3,61	23,11	10,14	12,67	6,02	0,40	1,03	3,76	3,66	2,22	1,20	0,41	5,85
Fil·lita silíceia	5,17	2,03	1,19	3,40	1,69	--	--	0,20	0,60	0,99	0,41	--	1,02	3,43	2,00	--	2,42
Esquist	2,39	2,23	0,59	0,80	1,86	0,60	--	0,20	3,61	0,99	1,65	2,57	0,81	1,21	3,00	0,61	5,85
F.R. metavolcànic	--	--	0,20	--	--	--	--	--	--	--	--	0,40	--	--	--	--	--
F.R. siltític	0,40	--	--	--	--	--	--	0,40	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Accessoris detrítics	--	1,01	0,59	0,80	--	2,19	4,55	4,55	1,00	0,20	--	0,20	0,41	0,40	2,20	4,51	0,40
Bioclaste	--	--	--	--	--	--	0,41	--	--	--	--	--	--	--	1,00	3,07	--
Intraclast micrític	--	--	--	--	--	--	0,21	2,18	--	--	--	--	--	--	0,20	0,20	--
Biotita	--	--	--	--	--	--	1,86	0,20	--	--	--	--	--	--	0,40	0,20	--
Biotita oxidada	--	--	--	--	--	--	--	1,19	0,20	--	--	--	--	--	--	--	--
Biotita en F.R. plut.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,41	--
Moscovita	--	--	0,20	0,40	--	1,39	0,41	0,40	0,40	--	--	--	--	0,40	0,20	0,20	0,20
Moscovita en F.R. plut.	--	--	--	--	--	--	--	--	0,20	--	--	0,20	--	--	--	0,20	0,20
Clorita	--	--	--	--	--	--	1,24	--	--	--	--	--	--	--	0,20	0,20	--
Turmalina	--	--	--	0,20	--	0,20	0,21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,20
Zircó	--	--	0,40	--	--	0,60	--	0,20	0,20	--	--	--	0,20	--	0,20	--	--
Intraclast de gres	--	--	--	0,20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Còdol tou	--	0,41	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Alterita	--	0,61	--	--	--	--	0,21	0,40	0,20	--	--	--	0,20	--	--	--	--
Matriu	0,20	1,22	--	--	3,64	0,20	0,21	1,39	21,29	--	--	--	--	--	26,00	--	0,20
Protom. siliciclàstica	0,20	1,22	--	--	3,64	0,20	0,21	0,79	21,29	--	--	--	--	--	--	--	0,20
Protom. micrítica	--	--	--	--	--	--	--	0,59	--	--	--	--	--	--	26,00	--	--

Taula 4.3 (continucació)

Unitat	Unitat del Morrot						Unitat del Castell									Unitat del Mirador		
	Mostra	FMR-1	FMR-3	FMR-21	FMR-27	FMR-33	FMM-9	FMM-17	FMM-18	FMM-23	FMM-27B	FMM-30	FMM-32	FMJ-1	FMJ-5	FMJ-9	FMJ-15	FMP-12
Component	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Diagenètic total	32,41	33,47	75,84	40,60	31,48	13,55	55,49	43,76	11,85	34,13	46,91	31,49	39,84	27,62	27,20	58,61	29,84	
Pseudomatriu en Fil-lita	0,40	0,41	--	1,00	0,48	4,98	--	0,20	2,61	--	--	--	--	--	--	--	--	
Calcita intergranular	--	--	--	--	--	--	32,30	26,34	--	--	14,20	0,20	--	--	18,00	29,30	--	
Calcita neomòrfica	--	--	--	--	--	--	0,21	--	--	--	--	--	--	--	2,20	24,80	--	
Cc en gra de Q	--	--	--	--	--	--	12,63	--	--	--	1,65	--	--	--	--	--	--	
Cc en gra de FK	--	--	--	--	--	--	4,97	0,40	--	--	1,03	0,20	--	--	--	0,61	--	
Cc en F.R.	--	--	--	--	--	--	2,28	--	--	--	3,70	0,20	--	--	1,80	1,23	--	
Cc en gra indeterminat	--	--	--	--	--	--	1,45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Matriu transf. a microQ	5,17	--	53,66	26,40	13,11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Ciment de microQ en gra de Q	--	--	--	1,40	0,18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Ciment de microQ interg.	1,39	0,81	--	0,20	0,73	0,60	--	--	--	--	--	--	1,22	1,41	--	--	1,61	
Ciment sintaxial de Q	5,57	11,76	0,20	1,40	8,53	2,59	--	4,36	1,00	11,31	5,56	18,02	18,50	15,12	--	0,20	13,51	
Ciment de mesoQ fullat	9,54	8,52	0,99	1,00	1,33	1,00	--	--	--	12,50	--	4,95	9,15	4,84	--	--	10,08	
Ciment de Q en FK	0,20	--	0,40	0,40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Ciment sintaxial de FK	2,78	3,65	--	1,40	1,33	0,20	--	3,96	0,60	5,16	3,09	4,75	6,50	3,02	--	--	1,01	
Ciment de FK en gra de FK	--	0,20	--	0,20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,20	--	--	0,20	
Il-lita intergranular	--	--	--	--	--	0,40	--	--	0,20	--	--	--	0,20	--	--	--	0,20	
Pore-lining d'Il-lita	--	--	--	--	--	--	0,21	--	0,40	--	--	--	--	--	--	--	--	
Il-lita en FK	4,97	5,68	0,40	3,60	0,48	0,60	--	0,99	1,61	2,78	1,85	0,40	1,22	0,60	3,20	0,61	1,21	
Il-lita en FK en F.R. plut.	1,59	0,61	0,20	1,20	--	--	0,83	--	0,20	0,99	--	--	0,20	0,20	0,80	0,20	0,20	
Caolinita en FK	--	--	--	--	1,68	--	--	--	0,20	0,40	--	--	--	--	--	--	--	
Caolinita en FK en F.R. plut.	--	--	--	--	0,48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sericita en plagioclasi	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,60	--	2,57	2,03	1,21	--	--	--	
Oxíds de Fe en Q	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,62	--	--	--	--	--	--	
FeO en fil-lita	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3,70	--	--	--	--	--	--	
FeO en mica	--	--	--	0,20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
FeO en FK	0,60	0,81	0,59	1,00	1,27	0,20	--	--	1,00	0,20	1,03	--	--	0,20	--	--	--	
FeO en FK en F.R. plut.	--	0,41	--	0,20	--	--	--	--	--	--	--	--	0,20	0,60	--	--	--	
FeO intergranulars	0,20	0,61	16,63	--	1,51	1,59	--	6,73	4,02	--	4,94	0,20	0,41	--	--	0,82	--	
FeO en envolta	--	--	2,77	--	--	--	--	--	--	--	4,73	--	--	--	--	--	--	
Barita intergranular	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,81	
Calcedònia intergranular	--	--	--	--	0,36	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Hematites	--	--	--	1,00	--	1,39	--	0,79	--	0,20	0,82	--	0,20	0,20	--	--	1,01	
Pirita oxidada	--	--	--	--	--	--	0,41	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Glauconita	--	--	--	--	--	--	0,21	--	--	--	--	--	--	--	1,20	0,82	--	
Porositat	1,79	3,45	0,59	1,00	5,26	15,94	1,66	2,77	2,41	1,19	1,85	5,35	4,88	4,23	2,00	3,28	8,47	
Intergranular	0,40	1,22	--	0,40	3,63	10,56	0,83	0,40	2,01	0,60	1,65	3,76	2,24	3,83	1,20	0,82	8,27	
Intragranular en FK	0,80	2,03	--	0,40	0,66	0,60	--	0,59	--	0,60	--	--	--	0,20	0,40	1,84	--	
Intra. en FK en R.F. plut.	0,20	0,20	--	--	0,24	2,59	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,41	--	
Intra. en plagioclasi	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1,19	2,44	0,20	--	--	--	
Intra en F.R.	--	--	--	--	--	--	--	0,20	--	--	--	0,20	--	--	0,40	--	--	
Intra. indeterminada	0,40	--	0,59	0,20	0,73	2,19	0,83	1,58	0,40	--	0,21	0,20	0,20	--	--	0,20	0,20	
Volum granular (%)	74,75	72,21	25,74	68,40	65,83	81,47	65,63	60,00	70,48	70,24	65,02	68,12	61,59	72,98	51,40	43,24	63,31	
Volum reemplaçat (%)	12,52	7,71	55,25	34,80	17,21	0,80	22,36	1,39	3,01	4,96	13,58	3,37	3,66	4,44	8,00	27,46	1,61	
Volum cimentat (%)	19,48	25,35	20,59	4,80	13,79	7,77	33,13	42,18	6,22	29,17	33,33	28,12	36,18	23,19	19,20	31,15	28,23	
Volum intergranular (%)	25,25	27,79	71,49	31,60	34,17	18,53	34,58	43,96	29,52	29,76	30,25	31,88	38,41	27,02	46,40	31,97	36,69	
Por. destruïda comp.*	36,88	30,53	--	--	31,82	53,69	13,56	--	--	25,60	24,38	20,30	3,96	32,46	--	20,08	8,27	
Por. destruïda ciment.*	48,71	63,39	--	--	52,73	19,42	82,82	--	--	72,92	83,33	70,30	90,45	57,96	--	77,87	70,56	
Granulometria	M a G	M a G	Mf a M	F a G	Mf a G	Mf a F	Mf	M	F a G	G a Mg	M a Mg	M a Mg	F a M	M a Mg	Mf a Mg	Mf a Mg	G a Mg	
Selecció	M	M	Mp	P	M	B	B	B	P	M	M	M	B	M	P	Mp	B	

Granulometria → Mf.: Molt fi. F.: Fi. M.: Mig. G.: Groller. Mg.: Molt groller.

Selecció → Mp.: Molt pobra. P.: Pobra. M.: Moderada. B.: Bona. Mb.: Molt bona.

* Només en mostres suportades per l'esquelet (baix percentatge de matriu).

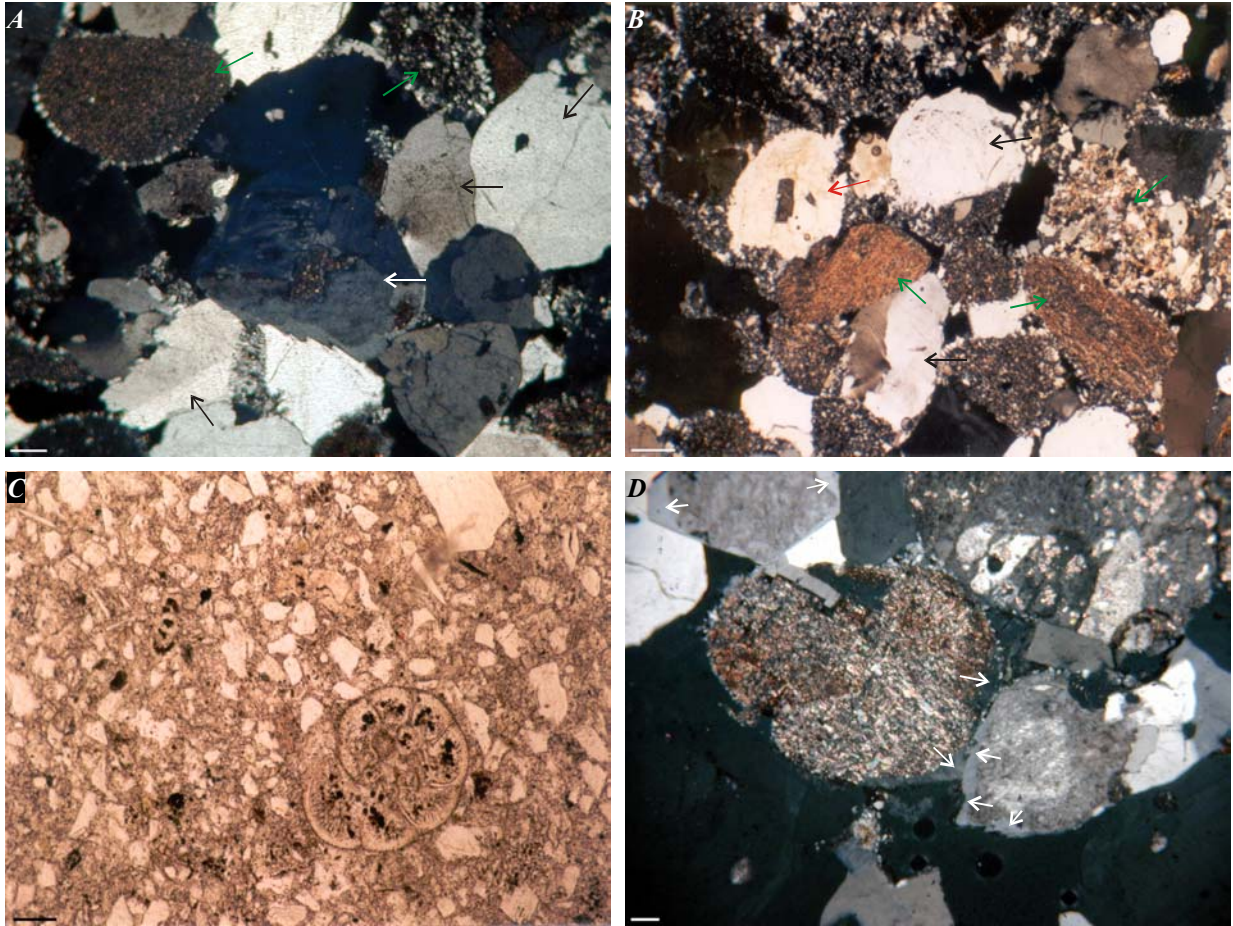


Figura 4.6.- Fotomontatge de diferents aspectes de l'esquelet dels gresos del Miocè de Montjuïc. (A i B) Gres de la Unitat del Castell (Mostra FMP-12) on es veuen diversos grans de quars (fletxes negres), de feldspat (fletxes blanques), de roca metamòrfica (fletxes verdes) i de roca plutònica (fletxa vermella). Nicols encreuats. Escales 250 µm. (C) Detall de bioclasts (foraminífers) dels gresos de la part superior de la Unitat del Castell. Mostra FMJ-9. Nicols paral·lels. Escala 100 µm. (D) Al centre de la imatge s'observen dos grans de feldspat potàssic, el de la dreta més o menys fresc i el de l'esquerra molt alterat, ambdós grans estan envoltats per un ciment sintaxial de la mateixa mineralogia (fletxes blanques). Mostra FMJ-5. Nicols encreuats. Escala 200 µm.

Als gresos de mida mitja a grollera dominen els fragments plutònics (entre 6,3 i 21,1 %), en concret i per ordre d'abundància: granit, pegmatita, aplita i pòrfir granític. Els fragments metamòrfics (entre 3,8 i 8,7 %) són, per ordre d'abundància: esquist, fil·lita silícia i fil·lita micàcia; és remarcable que en aquestes granulometries els fragments metamòrfics dominants són aquells procedents de les litologies més resistents.

La matriu pot tenir diversos orígens: (i) pseudomatriu per deformació de fragments dúctils (entre 0 i 5 %), sobretot fil·lites; (ii) matriu micrítica, que es troba puntualment als trams més marins de la sèrie (fins a un 26 %) o també (iii) protomatriu siliciclàstica (fins a un 21 %), formada per quars, feldspat, argiles i miques. La pseudomatriu i la protomatriu siliciclàstica sovint han estat transformades a òpal i microquars amb quantitats variables de relictos de feldspats i argiles. Aquesta fenomen és important a la Unitat del Morrot (fins a un 54 %), però disminueix a la resta d'unitats (Taula 4.3).

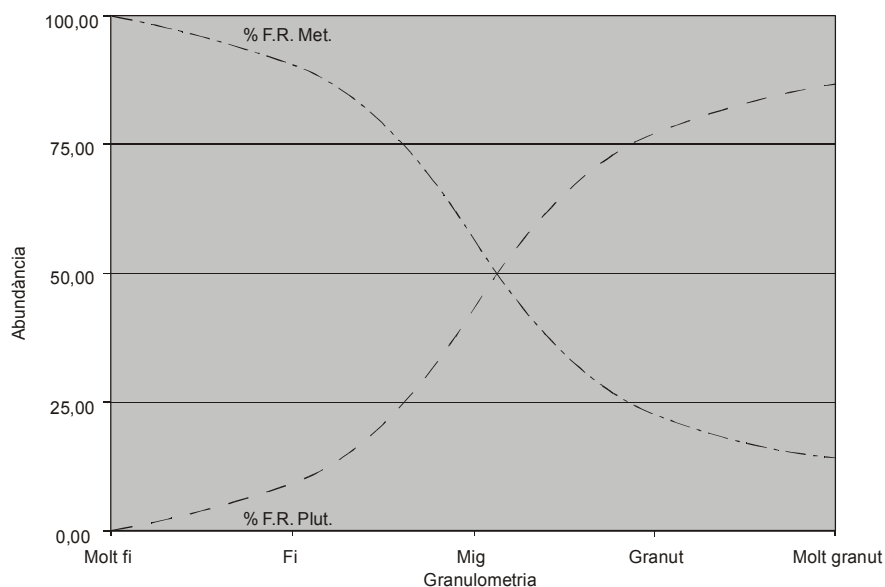


Figura 4.7.- Gràfic d'abundància relativa dels fragments de roca metamòrfics i plutònics segons la granulometria del gres.

4.3.2. Mineralogia diagenètica dels gresos

La precipitació de mineralogies autigèniques ha estat un procés essencial en la litificació dels gresos de Montjuïc (Almera, 1880 i 1899; Llopis, 1942b; San Miguel i Masriera, 1970; Parcerisa, 1999; Gómez-Gras *et al.*, 2001; Parcerisa *et al.*, 2001), on la cimentació silicatada i la transformació a òpal/microquars de la matriu original del sediment en són els principals processos. Aquests processos han modificat fortament la roca respecte al sediment original donant-li un aspecte dur i massiu. L'abast dels processos diagenètics esdevinguts als gresos de Montjuïc és de tal magnitud que el volum de components diagenètics comptabilitzats a les mostres de gres oscil·la entre un 14 i un 76 % (Taula 4.3).

Els gresos que no han estat afectats per aquest important procés de silicificació el principal mineral autigènic és la calcita (Fig. 4.9.A). Pel que fa als gresos silicificats, presenten aspectes molt diferents en funció de les seves característiques texturals:

- (i) En els gresos sense matriu l'autigènesi silicatada involucra una seqüència de cimentació, formada per sobrecreixements de feldspat, sobrecreixements syntaxials de quars (Fig. 4.7.D i 4.9B) i ciment intergranular de mesoquars i que pot arribar a ser quantitativament molt important a la roca (fins un 34 %). Aquests sobrecreixements tenen les vores cristal·lines i envolten completament els grans macrocristal·lins deixant molt poca porositat. Així, contactes entre grans aparentment concavconvexes o suturats en realitat són la intersecció de diversos sobrecreixements (Fig. 4.9.B).
- (ii) Als gresos amb protomatriu siliciclàstica la presència d'aquesta fa que els sobrecreixements no es puguin desenvolupar completament. En aquestes roques, la matriu generalment ha estat transformada a òpal/microquars i conté quantitats variables d'argiles i feldspats potàssics relictos i d'hematites, alunita i òxids de titani (Fig. 4.9.C).

Calcita

La formació de calcita autigènica està sovint associada a les parts més carbonàtiques i/o no silicificades de la sèrie miocena de Montjuïc. Els trams margosos o rics en fauna marina carbonàtica de les Unitats del Morrot, del Castell i de Miramar poden presentar cimentacions de calcita, en aquest cas esparítica, que generalment reomple la porositat mòldica (bivalves i

gasteròpodes). Als gresos no silicificats però relativament pobres en components carbonàtics el ciment de calcita ocupa la porositat intergranular, on forma nòduls de mida entre submil·limètrica i decimètrica (Fig. 4.5.C i 4.9.A). Localment, s'observen ciments de calcita reomplint la porositat residual en gresos prèviament silicificats.

Taula 4.4.- Relacions isotòpiques en C i O dels diferents tipus de ciments de calcita presents al Miocè de Montjuïc.

Localització	Mostra	Tipus de ciment	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$
U. Morrot	FMM-13a	Por. mòldica	-2,73	-10,29	20,26
	FMM-13b	Por. mòldica	-2,58	-9,86	20,71
	FMM-12a	Por. mòldica	-1,88	-7,40	23,24
	FMM-12b	Por. mòldica	-3,10	-8,02	22,60
	FMM-12c	Por. mòldica	-1,77	-7,81	22,82
	FMM-14a	Por. mòldica	-4,01	-17,42	12,91
	FMM-14b	Por. mòldica	-5,81	-10,52	20,03
U. Castell	FMJ-7	Por. mòldica	-4,65	-12,92	17,55
U. Mirador	FMJ-15	Por. mòldica	-5,52	-18,24	12,07
U. Morrot	R-4a	Nòdul	-4,60	-10,00	20,56
	R-4b	Nòdul	-4,60	-9,90	20,66
	R-5a	Nòdul	-4,75	-7,40	23,24
	R-3a	Nòdul	-4,40	-8,00	22,62
	R-3b	Nòdul	-4,30	-6,70	23,96
U. Castell	FMM-30a	Post-silicificació	-8,40	-12,30	18,19
	FMM-30b	Post-silicificació	-8,40	-12,20	18,29

La calcita en porositat mòldica presenta dues generacions. La primera generació es disposa discontinuament a les parets de la porositat i mesura 400 μm d'espessor. La segona generació presenta cristalls euèdrics i subèdrics d'entre 50 μm a 2 mm. Localment, aquests ciments passen a calcita neomòrfica. Geoquímicament, aquest tipus de calcita presenta concentracions en Mg de per sota dels límits de detecció a 5520 ppm, en Fe de per sota del límit de detecció a 15070 ppm, en Mn de per sota del límit de detecció a 5060 ppm i el Na i el Sr estan sempre per sota dels límits de detecció. Isotòpicament, aquest tipus de ciment de calcita té valors negatius tant de $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (entre -1,8 i -5,8 ‰) com en $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (entre -7,4 i -18,2 ‰) (Taula 4.4 i Fig. 4.8).

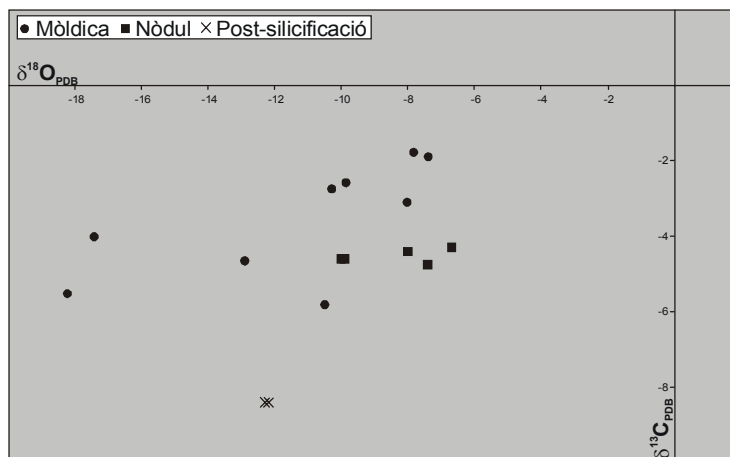


Figura 4.8.- Gràfica $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ vs. $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ on es veu com totes les relacions isotòpiques dels ciments de calcita són negatius i, en general, es representen en una àrea semblant.

Els nòduls de calcita que precipiten a la porositat intergranular són formats per cristalls subèdrics a anèdrics, d'entre 20 i 150 μm de diàmetre. Al microscopi de catodoluminiscència aquest tipus de calcita està bandada, de manera que, a partir del centre nòdul es succeeixen diverses envolttes d'espessor i luminiscència variables (Fig. 4.9.A). Geoquímicament, aquesta

calcita presenta concentracions en Mg de per sota dels límits de detecció a 3064 ppm, en Fe de per sota del límit de detecció a 7517 ppm, en Mn de per sota del límit de detecció a 10435 ppm i el Na i el Sr estan gairebé sempre per sota dels límits de detecció. El contingut en Fe i Mn en la calcita és el responsable del bandat observat a catodoluminiscència (Machel, 1985) i és per això que hi ha una important variació en la seva concentració depenent del punt on s'analitza. Isotòpicament, aquesta calcita també té valors negatius tant de $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (entre $-4,3$ i $-4,8$ ‰) com en $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (entre $-6,7$ i $-10,0$ ‰) (Taula 4.4 i Fig. 4.8).

Per altra banda, la calcita que ocupa la porositat residual dels gresos silicificats és un ciment clarament format *a posteriori* de la silicificació. Aquesta calcita, molt escassa, forma cristalls esparítics d'entre 100 i 200 μm de diàmetre i només ha estat analitzada isotòpicament. Igual que als altres tipus de ciments de calcita els valors de les relacions isotòpiques són negatius, de $-8,4$ ‰ en $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ i de $-12,2$ i $-12,3$ ‰ en $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (Taula 4.4 i Fig. 4.8).

Feldspat potàssic

El feldspat potàssic autigènic forma un o més sobrecreixements euèdrics que envolten total o parcialment els grans detrítics de feldspat potàssic (Fig. 4.7.D i 4.9.B). El límit entre el nucli detrític i el sobrecreixement està definit per una lleugera discontinuïtat òptica causada per diferències composicionals entre el gra i el ciment (Kastner i Siever, 1979). En els gresos sense matriu els sobrecreixements de feldspat potàssic tenen un espessor d'entre 10 i 150 μm i poden arribar a un 7 % del total de la roca (Taula 4.3). La presència de matriu dificulta la formació de sobrecreixements. Així, en els gresos amb matriu, els sobrecreixements mesuren entre 10 i 50 μm i poden ocupar fins al 5 % del volum de la roca (Taula 4.3). El feldspat autigènic pot també omplir la porositat intragranular de dissolució dels feldspats detrítics alterats. Localment, s'ha trobat ciment intergranular microcristal·lí de feldspat potàssic. Químicament, el feldspat potàssic detrític conté quantitats variables de BaO i Na₂O, mentre que el feldspat potàssic autigènic és químicament pur (Taula 4.5). Al microscopi de catodoluminiscència el feldspat potàssic autigènic és no luminescent, probablement degut al fet que és químicament pur, mentre que el feldspat potàssic detrític té una intensa luminescència de color blau (Fig. 4.9.B₂).

Taula 4.5.- Anàlisis de microsonda dels feldspats potàssics detrítics i autigènics.

	Nº Ana.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	BaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	%Ort.	%Alb.
FK detrític	38	65,20	18,67	--	0,04	0,02	0,05	0,39	1,55	13,88	99,81	89,71	10,03
FK autigènic	35	65,55	18,21	--	--	0,02	0,04	0,08	0,04	15,92	99,84	99,71	0,28

Quars

El quars forma sobrecreixements autigènics en els grans detrítics de quars i en els fragments de roca quarsítics. Si el quars detrític és macrocristal·lí, els sobrecreixements es donen en continuïtat òptica amb el gra i desenvolupen cares cristal·lines (Fig. 4.9.B). Si el quars és microcristal·lí, els sobrecreixements formen una pel·lícula de petits cristalls amb morfologia fullada; si la mida de porus ho permet, aquests cristalls creixen amb morfologia drúsica cap al centre del porus (mesoquars). En general, aquests ciments de quars són molt nítids, tot i que, puntualment, presenten alguna inclusió fluida.

El màxim desenvolupament de sobrecreixements es dona en els gresos sense matriu (fins a 19 %; Taula 4.3), on presenten espessors de 20 a 160 μm . A les tres darreres barres de la Unitat del Castell és on aquest tipus de cimentació obté el seu màxim desenvolupament. Als gresos amb matriu, es troben en menor quantitat (entre 1 i 4 %; Taula 4.3) i són d'espessors més petits, inferiors a 20 μm . A catodoluminiscència, els sobrecreixements de quars són no luminescents, contrastant amb els grans detrítics els quals presenten una luminescència de tipus *dull* de color

violeta (Fig. 4.9.B₂), aquesta característica permet observar la disposició original dels grans abans de la cimentació de quars, mostrant que la majoria de contactes entre grans eren puntuals.

Si el gres té matriu detrítica, la presència d'aquesta tendeix a impedir la formació de sobrecreixements en els grans de feldspat i de quars. En aquests casos la matriu sol ser transformada a òpal/microquars (fins a 54 %; Fig. 4.9.C) i presenta clars relictos d'argiles i feldspats. La presència de matriu és la causant de que alguns sobrecreixements de quars mostrin una superfície irregular produïda per la interpenetració del sobrecreixement amb la matriu intergranular (Fig. 4.9.C i D).

Òxids de ferro i titani

La variació en l'abundància dels òxids de ferro (entre 0 i 20 %; Taula 4.3) és la responsable de la distribució en bandats irregulars de les coloracions dels gresos de Montjuïc (marmorització). El color de la roca pot variar des del blanc passant per totes les gammes de vermell, marró i violeta. Els òxids de ferro apareixen en esferulites (10 a 50 µm) dins de feldspats potàssics més o menys alterats (Fig. 4.9.E) i de fragments de roca metamòrfics o distribuïts entre la matriu de la roca. Segons els resultats dels anàlisis de microsonda, els òxids de ferro són de mineralogia hematítica (Taula 4.6).

Els òxids de titani es troben, localment, en forma de petits cristalls aïllats entre la matriu transformada o en forma de relictos pseudomòrfics formats per la dissolució de miques (Fig. 4.9.C₂). Aquesta mineralogia està sempre associada a la presència de sílice i d'òxids de ferro (Taula 4.6).

Taula 4.6.- Anàlisis de microsonda electrònica mostrant la composició dels òxids de Fe i Ti autigènics.

Fe oxi. (w%)	Nº Ana.	Fe	Ca	Na	Mg	Al	Si	O	Total		
	3	50,09	0,24	0,07	0,06	1,69	7,79	32,31	92,25		
Ti oxi.	Nº Ana.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Total
	12	56,42	10,42	0,46	0,32	3,74	16,45	0,95	0,43	0,61	89,91

Alunita

L'alunita [KAl₃(SO₄)₂(OH)₆] és escassa i es troba acompanyada d'òxids de ferro i d'òpal, en forma de disseminacions dins els gresos, concentrada dins els motlles de miques dissoltes i, sobretot, als forns de silicificació on, localment, pot formar venes d'espessor mil·limètric. Al camp té un aspecte terrós i és de color blanc. Al microscopi petrogràfic presenta hàbit fibrós i té color marró a nícols paral·lels, mentre que els colors de polarització són emmascarats pel seu color propi. Vista a microscopi electrònic s'observa en forma de diminuts cubs euèdrics (Fig. 4.9.F) de 1 a 5 µm i normalment associats a òpal i/o microquars. Els anàlisis de microsonda mostren petites quantitats de fòsfor en tots els cristalls d'alunita (Taula 4.7).

Taula 4.7.- Anàlisis de microsonda electrònica mostrant la composició de l'alunita. La sílice es deu a la presència d'òpal, el total no arriba a 100 perquè hi ha H₂O a la fórmula estructural de l'alunita i de l'òpal.

	Nº Ana.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	SrO	BaO	F	Total
Alunita	6	20,46	29,06	0,38	0,12	0,14	7,38	0,72	28,53	0,11	0,08	0,20	87,17

4.3.3 Mineralogia en fractures

Els materials miocens de Montjuïc (sobretot els gresos i els conglomerats) estan afectats per nombroses falles i diàclasis. A les roques no silicificades les diàclasis són escasses i solen estar reomplertes per calcita i guix. Les fractures presents a les roques silicificades tenen, a la part inferior de la sèrie, petits reompliments de calcedònia i a la part superior de la sèrie presenten un reompliment que, quan té el seu màxim desenvolupament, és format per una seqüència de diferents ciments que des del gres cap al centre de la fractura són:

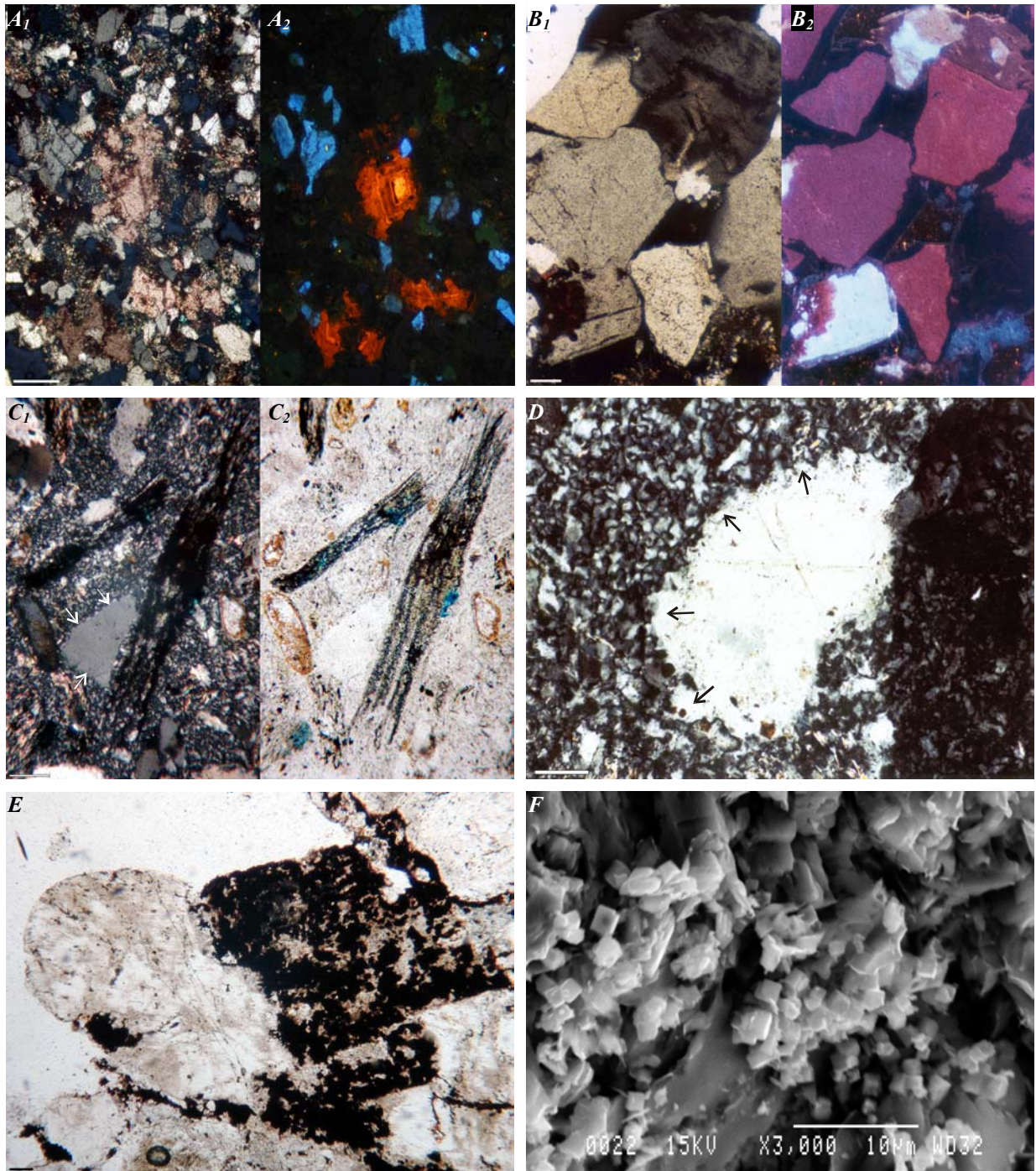


Figura 4.9.- Detall de les principals mineralogies diagenètiques que cimenten els gresos miocens de Montjuïc. (A) Ciment intergranular de calcita formant un petit nòdul, la imatge de catodoluminiscència mostra un bandat concèntric. Mostra FMM-10. Nicols encreuats (A₁) i catodoluminiscència (A₂). Escala 150 µm. (B) Ciments syntaxials en grans de quars (color violeta) i de feldspat potàssic (color blau), a catodoluminiscència els ciments no són luminiscents i es veu com els contactes entre els grans són puntuals. Mostra ??? Nicols encreuats (B₁) i catodoluminiscència (B₂). Escala 200 µm. (C) Gres amb la matriu transformada a microquars, s'observa un gra de quars amb un sobrecreixement de vora irregular (fletxes blanques) i dos grans de mica, probablement biotita, completament dissolts amb òxids de ferro i titani relictos marcant l'exfoliació del mineral. Mostra FMR-27. Nicols encreuats (C₁) i paral·lels (C₂). Escala 200 µm. (D) Detall d'un ciment syntaxial de quars irregular i indentat (fletxes negres) en un gres amb la matriu transformada a microquars. Mostra FMM-1. Nicols encreuats. Escala 100 µm. (E) Feldspat potàssic alterat amb esferulites d'òxids de ferro al seu interior. Mostra FMM-21. Nicols paral·lels. Escala 200 µm. (F) Imatge al microscopi electrònic (SEM) de disseminacions d'alunita (cristalls cúbics) a l'interior d'un gres de Montjuïc. Mostra FMP-6.

- 1- A la roca adossada a la fractura la porositat residual és reomplerta per prismes euèdrics de baritina i òpal (Fig. 4.10.A) que, en alguns punts, recristal·litza a calcedònia i microquars. Si els grans del gres estan sobrecrecuts, els sobrecreixements tenen la vora irregular.
- 2- *Franja de òpal/microquars i baritina.* Adossada a la paret de la fractura apareix una franja amb òpal/microquars i baritina de 5 a 10 µm d'espessor, tot i que, localment, la baritina pot arribar a formar cristalls més grans (50 µm a 2 mm) disposats perpendicularment a la paret de la fractura (Fig. 4.10.B). De vegades el ciment de microquars està disposat en una xarxa ortogonal de petits prismes. En alguns punts apareixen grans de feldspat i quars amb la vora serrada. Localment, en relació amb els cristalls de baritina hi pot haver una banda opaca d'òxids de ferro (Fig. 4.10.B). Aquesta franja només es troba en algunes fractures.
- 3- *Franja d'òpal i calcedònia.* Aquesta franja és més o menys isòpaca i es desenvolupa seqüencialment començant per botrioides irregulars d'òpal marró, seguint amb esferulites de calcedònia amb doble elongació (en taulell d'escacs) i finalment esferulites de calcedonita (*lengh-fast chalcidony*) (Fig. 4.10.C). La baritina de la franja anterior pot ser reemplaçada per calcedònia (Fig. 4.10.B).

Algunes diàclasis tenen bretxes de reompliment formades per clasts silificats molt angulars derivats dels gresos adjacents. Les bretxes són cimentades, en primer lloc, per esferulites d'òpal bru, mentre que la porositat restant és reblerta per esferulites de calcedonita zeburada i per mesoquars (Fig. 4.10.D).

La sílice que precipita en aquestes fractures mostra disposicions asimètriques particulars: (i) A les bretxes la base dels porus és cimentada per òpal il·luciat (Fig. 4.10.E), mentre que al capdamunt de cada clast hi ha un recobriment de microquars de 10 a 50 µm d'espessor; (ii) així mateix, les esferulites de calcedonita que entapissen les fractures solen estar allargades en sentit vertical i descendent (en posició d'estalactita; Fig. 4.10.F). Aquestes disposicions geotròpiques indiquen clarament la intervenció de circulacions de fluids en zona vadosa durant la precipitació de sílice a les fractures.

Taula 4.8.- Anàlisi de microsonda electrònica mostrant la composició dels ciments de les fractures (l'òpal no tanca bé perquè té aigua a la seva fórmula estructural).

	NºAna.	SO ₃	CaO	FeO	SrO	BaO	Na ₂ O	Total		
Baritina	19	33,51	0,01	0,02	0,84	65,46	0,12	99,97		
	NºAna.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
Òpal	6	92,3	0,7	0	0,01	0,13	0	0,03	0,19	93,36
Calced. esc.	4	99,71	0,04	0,01	0	0	0,02	0,02	0,02	99,84
Quarsina	2	99,37	0	0	0,01	0	0,01	0	0,01	99,41

Mineralògicament, els cristalls de baritina tenen quantitats significants de SrO. Les esferulites d'òpal tenen Al₂O₃, CaO i K₂O, mentre que la calcedònia en taulell d'escacs presenta molt petites quantitats d'aquests elements i la calcedonita és gairebé sílice pura (Taula 4.8).

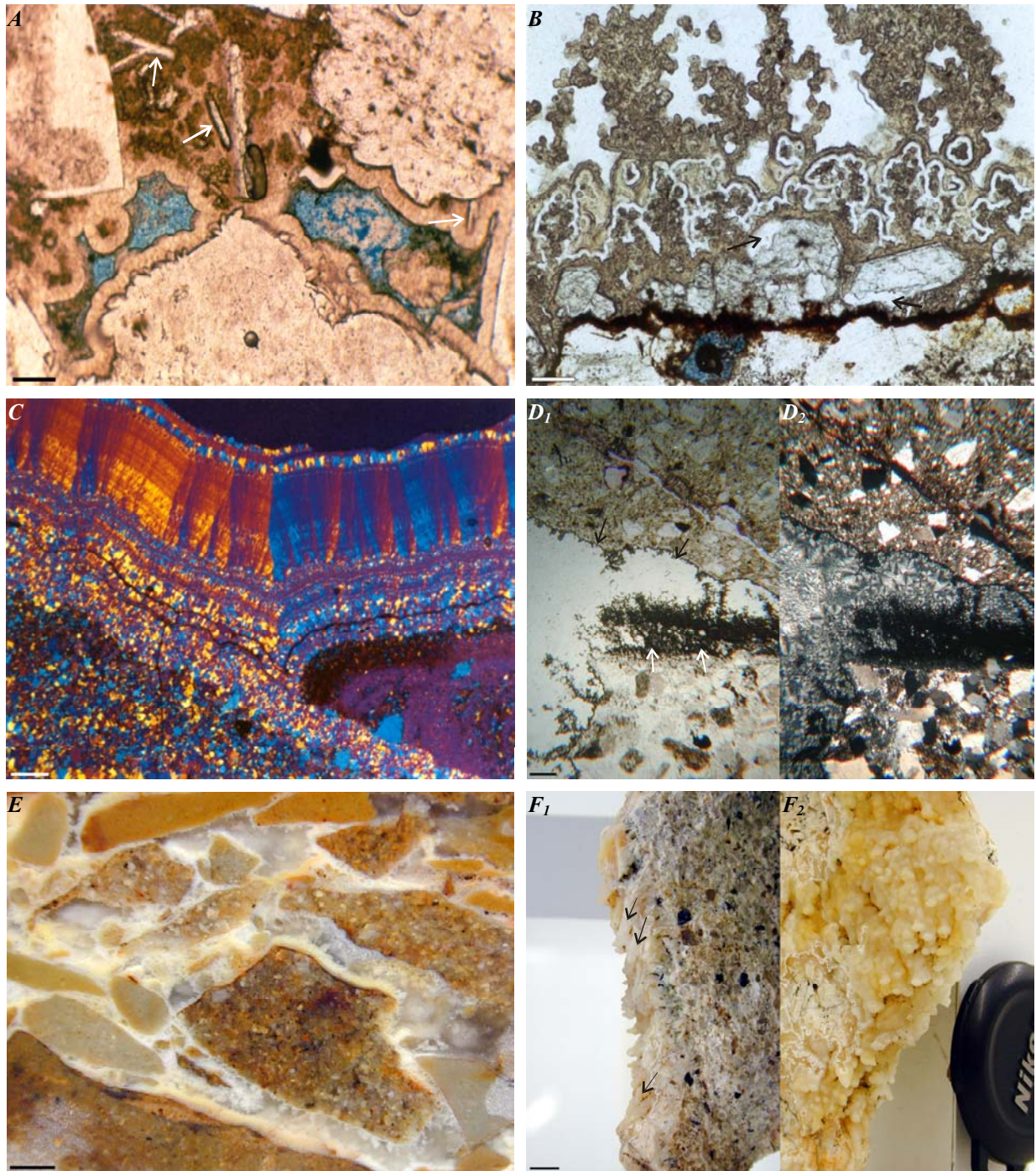


Figura 4.10.- Detall de les principals mineralogies que cimenten les fractures dels gresos miocens de Montjuïc. (A) Gres adjacent a una fractura amb la porositat intergranular ocupada per cristalls euèdrics de baritina (fletxes blanques) i òpal. Mostra FMP-2. Escala 100 μm . (B) Primera franja de reompliment d'una fractura formada per una làmina d'òxid de ferro i, a continuació, una banda amb òpal i cristalls de baritina. La baritina està parcialment reemplaçada per calcedònia (fletxes negres). Mostra FMP-10. Escala 70 μm . (C) Diferents tipus de calcedònia associada a fractures. A la part superior de la foto hi ha esferulites de calcedonita (elongació negativa) i, per sota, es troba calcedònia en taulell d'escacs (doble elongació). Mostra FMP-4. Nicols encreuats i compensador de λ . Escala 400 μm . (D) Cimentació de les bretxes de reompliment constituïda per òpal bru (notar que l'espessor d'òpal a la part inferior del porus (fletxes blanques) és més gran que a la part superior (fletxes negres)) i esferulites de calcedònia. Nicols paral·lels (D₁) i encreuats (D₂). Escala 500 μm . (E) La mateixa bretxa que a la foto anterior en mostra de ma. Es veuen les acumulacions d'òpal (color blanc) a la base de la porositat (fletxes negres) i la calcedònia translúcida. Escala 4 mm. (F) Mostra de ma d'una fractura en vista lateral (F₁) i frontal (F₂), la paret està entapissada per esferulites de calcedònia amb estructures estalactítics (fletxes negres). Mostra FMP-4. Escala 4 mm.

4.3.4. Mineralogia de les lutites

A més de la petrologia dels gresos de Montjuïc, s'han pres algunes mostres a les parts lutítiques de la sèrie (Fig. 4.11). L'anàlisi per difracció de raigs X de roca total (DRX) indica que totes les mostres estan formades per quars com a principal constituent i percentatges generalment importants de calcita i de minerals de l'argila. A part d'aquests minerals, també es detecten petites quantitats de feldspats, guix i òxids de ferro. L'anàlisi d'agregats orientats (DAO) és molt similar en totes les mostres, amb un alt percentatge d'il·lita i quantitats variables de clorita i d'interestratificats de clorita-esmectita (Fig. 4.11).

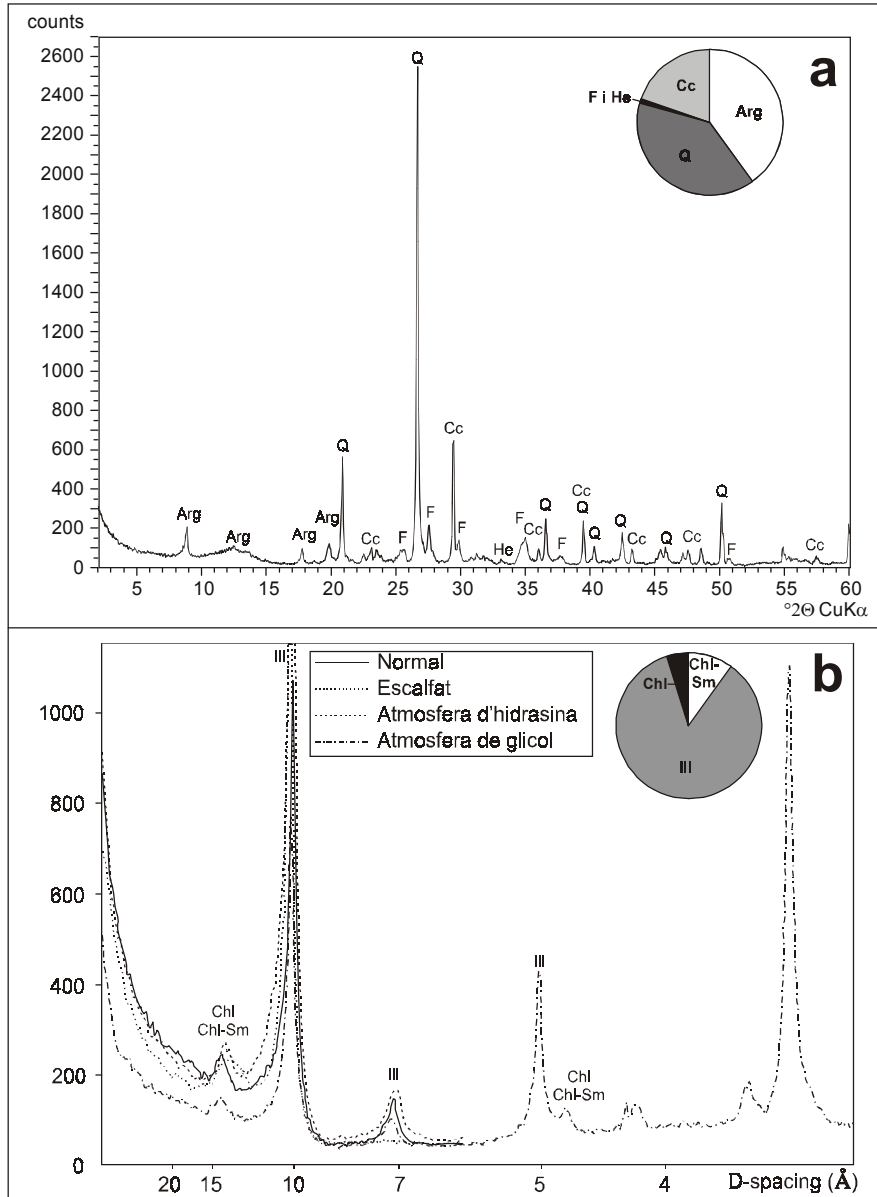


Figura 4.11.- Diagrames de difracció de raigs X de roca total (a) i d'agregats orientats en argiles (b) de la mostra FMR-24 (Unitat del Morrot). Qualitativament, a la roca s'observa un important percentatge de quars, argiles i calcita i petites quantitats de feldspat i hematites. El minerals de l'argila són constituïts essencialment per il·lita i petites quantitats de clorita i d'interestratificats irregulars de clorita-esmectita. Totes les mostres de lutites analitzades a Montjuïc donen diagrames molt similars a aquest.

4.3.5. Caracterització petrològica de les diferents unitats

L'ambient de sedimentació en què es diposita un gres té una marcada incidència en les característiques texturals i composicionals d'aquest. Segons aquest criteri cada paquet de gresos dels diferents ambients sedimentaris que s'han distingit al Miocè de Montjuïc pot tenir unes característiques texturals i una composició pròpies.

Per classificar els gresos (Fig. 4.12), s'ha utilitzat el diagrama **QFFr** de composició modal per a gresos de Dott (1964). Aquest diagrama classifica els gresos en funció del contingut relatiu en grans de quars i chert (**Q**), feldspat (**F**) i fragments de roca (**Fr**). El contingut d'aquests elements es calcula segons el mètode tradicional de comptatge en el qual tots els fragments de roca són comptabilitzats, encara que la mida dels seus constituents sigui superior a 0,062 mm. Aquest fet fa que aquesta classificació variï segons la granulometria de la roca, ja que els fragments de roca plutònica es concentren a les granulometries grolleres, mentre que a les granulometries fines aquests grans es disgreguen en els seus constituents bàsics.

Per eliminar l'efecte de la granulometria sobre la composició modal del gres cal utilitzar el mètode de comptatge de Gazzi-Dickinson (Gazzi, 1966; Dickinson, 1970; Ingersol *et al.*, 1984), segons el qual només es classifiquen com a fragments de roca aquells grans amb els constituents més petits de 0,062 mm. Aquest mètode és especialment indicat per a l'anàlisi de la procedència dels components detrítics d'un gres.

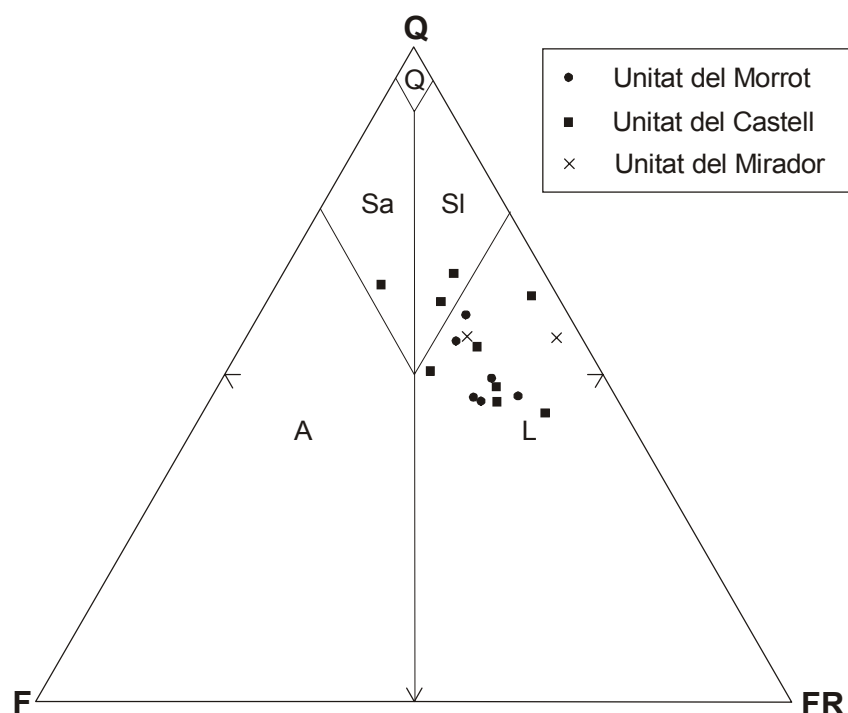


Figura 4.12.- Projecció dels gresos de Montjuïc en el diagrama triangular per a la classificació de gresos de Dott (1964).

Unitat del Morrot

La part inferior d'aquesta unitat, formada en una plana deltaica, es caracteritza pel domini dels gresos amb una granulometria variable, un elevat contingut amb matriu (fins a 54 %), pobrament seleccionats i texturalment immadurs.

Composicionalment, aquests gresos presenten un elevat percentatge de quars i fragments de roca i quantitats menors de feldspat potàssic ($Q_{47-59}F_{13-19}Fr_{28-40}$). Es poden classificar com a

litarenites (Fig. 4.12) o grauvaques lítiques si el seu contingut en matriu supera el 15 % segons la classificació de Dott (1964).

La plagiòclasi hi és absent i en haver-hi una granulometria variable no hi ha diferències notables en la proporció de fragments de roca metamòrfics i plutònics. No hi ha biotita i la moscovita és escassa. També hi ha intraclasts de gres ja que, en ser un ambient de plana deltaica, els estrats infrajacentes poden ser fàcilment erosionats. Així, aquests intraclasts es concentren a les capes conglomeràtiques, on hi ha més potencial d'erosió. Pel que fa als components diagenètics, la Unitat del Morrot està intensament silicificada, la matriu original de la roca ha estat transformada a òpal i microquars i, en menor quantitat, també hi ha òxids de ferro.

La part superior de la Unitat del Morrot, interpretada com un ambient de platja, presenta granulometries fines, bona selecció i un baix contingut en matriu. La composició és similar a la dels gresos de la resta de la unitat ($Q_{46}F_{18}Fr_{36}$) i, per tant, es poden classificar com a litarenites (Fig. 4.12) segons Dott (1964). A diferència de la part inferior de la Unitat del Morrot, aquesta part superior té un enriquiment en fragments metamòrfics degut a la disminució en la granulometria de la roca (Fig. 4.7) i també pot contenir bioclasts. L'elevat contingut en fragments metamòrfics fa que hi hagi un augment en la quantitat de pseudomatriu ja que aquests fragments són fàcilment deformables. Aquests gresos poden estar silicificats, si no ho estan solen tenir ciments de calcita en forma de nòduls submil·limètrics a decimètrics.

Unitat del Castell

És una unitat dipositada essencialment en un front deltaic, per tant la selecció és bona i hi ha molt poca matriu. La granulometria és entre fina i grollera i la maduresa textural és bona.

Els percentatges dels components detrítics ($Q_{44-65}F_{10-23}Fr_{14-45}$) queden projectats a l'àrea de les litarenites o sublitarenites (Fig. 4.12) segons Dott (1964). Com que són gresos de mida mitja a grollera i ben seleccionats hi ha un fort augment dels fragments de roca plutònics respecte als fragments de roca metamòrfics a les granulometries grolleres. A més a més, la quasi total absència de matriu ha facilitat una forta cimentació per sílice. També presenta nombroses fractures ben cimentades per baritina i sílice. Minoritàriament, hi ha petits cristalls de piritita oxidats. Un altre aspecte a remarcar és que en aquesta unitat apareix per primer cop la plagiòclasi (fins a 6 %).

Els darrers metres de la unitat estan formats per gresos mal seleccionats amb molta matriu micrítica. Aquests gresos ($Q_{62}F_3Fr_{35}$) són també litarenites però molt empobrides en feldspats i tenen bioclasts i intraclasts micrítics. D'altra banda poden estar silicificats amb un alt percentatge de porositat mòldica producte de la dissolució de bioclasts o bé poden estar cimentats per calcita.

Unitat del Mirador

És una unitat amb selecció i granulometria variables. Són litarenites ($Q_{56}F_{4-16}Fr_{29-41}$; Fig. 4.12). Respecte als components detrítics, igual que passa a la part superior de la Unitat del Castell, hi ha una forta disminució en feldspats, tot i que conté tant feldspat potàssic com plagiòclasi, mentre que el quars i els fragments de roca es mantenen amb valors similars als de les altres unitats; a més en aquesta unitat hi ha bioclasts. En quant als components diagenètics, en alguns punts presenta cimentacions carbonàtiques. D'altra banda, també pot estar intensament silicificada.