



DEPARTAMENT DE GEOMORFOLOGIA I TECTÒNICA
FACULTAT DE GEOLOGIA
UNIVERSITAT DE BARCELONA

ESTUDI DE LA DEFORMACIÓ EN ELS
GNEISS DEL MASSÍS DEL CANIGÓ.

MARÇ 1.984

JOSEP MARIA CASAS

Fig. 24. Microestructura dels gneiss. A) gneiss ocellars. Voltants del refugi de la Molina. Nícols encreuats. (escala 1mm), B) id. Nícols paral·lels. (escala 1mm), C) gneiss leptínic amb microestructura milonítica. Pic de Bastiments. Nícols paral·lels (escala 1 mm), D) gneiss leptínic amb microestructura granoblàstica. Leptinites intercalades en els gneiss ocellars de la Vall del Llec. Nícols encreuats. (escala 0,1 mm).



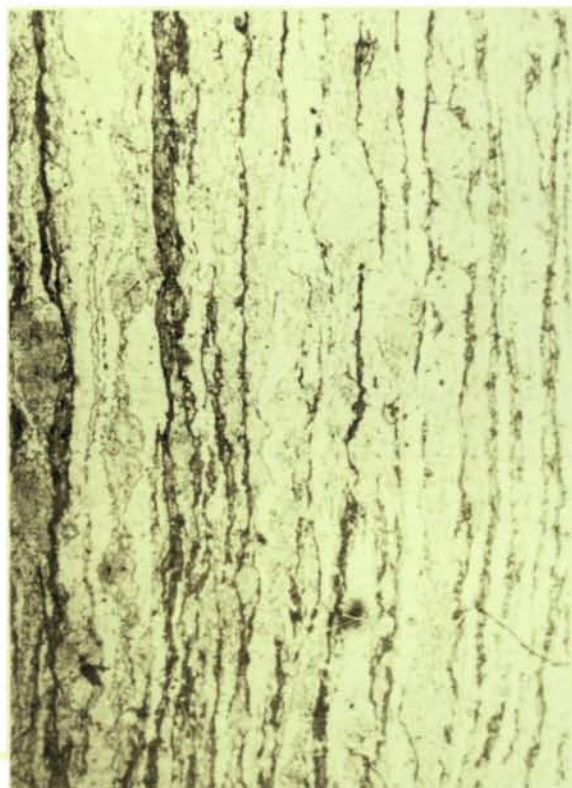
B



C



A



D

caràcter clarament "preectònic" respecte l'esquistositat que els envolta, com assenyala GUITARD (1970, pp 150-163) que d'altra banda descriu detalladament les característiques mineralògiques d'aquesta feldspats (feldspats I d'aquest autor). Alguns estan afectats per esquerdes i fractures, que poden provocar la fragmentació i consegüent reducció de mida de gra. No he observat però una relació clara entre l'esquistositat i la disposició d'aquestes estructures, que tenen un desenvolupament molt irregular i una abundància molt desigual en les diverses mostres estudiades. La proporció i la mida dels ulls són també molt variables en els diversos tipus de gneiss, i fins i tot dins d'un mateix grup amb característiques mineralògiques semblants (G-2 per exemple).

La resta de la roca està formada per una matriu composta fonamentalment per quars, microclina, plagiòclasi, biotita i moscovita (aquests dos darrers en una proporció variable); clorita, epidota, sericita, una mena metàl·lica opaca (probablement magnetita) i turmalina apareixen com a minerals accessoris o secundaris i en molta menor proporció.

L'esquistositat està definida per la disposició orientada de biotita i moscovita, per agregats poliminerals de quars i en alguns casos per nivells força irregulars de concentració de filosilicats.

La biotita és el filosilicat més freqüent en els gneiss ocellars homogenis que formen la unitat més important (G-2). Apareix en forma d'algunes plaques aïllades lenticulars envoltades per petits cristalls de neoformació. Més sovint forma grans subrectangulars recristallitzats amb orientació dimensional, amb la direcció principal d'exfoliació (001) paral·lela a l'esquistositat. Menys freqüents són les disposicions que recorden "arcs

poligonals" poc desenvolupats. Apareix també com a petites inclusions a l'interior dels grans de quars. La moscovita presenta les mateixes característiques: recristal·lització orientada sincrònica aproximadament amb la formació dels "ribbons" de quars, plaques lenticulars aïllades, etc. És més abundant que la biotita en els gneiss ocellars en contacte amb els materials de la cobertura al vessant sud del massís (tipus G-1 de GUITARD), i coexisteix amb la biotita en els gneiss que estan en contacte amb els esquistos de Balaig a la zona central del massís. En algunes mostres ambdós minerals estan afectats per extincions ondulants, estan fracturats i presenten nombrosos plecs de tipus kink, el pla de kink sol formar un angle elevat amb l'esquistositat. En alguns casos, voltants de la Cresta de Barbet i del Puig-Sec, coll del les Voltes, l'Estanyol, al mateix temps la resta de components presenten senyals de deformació intracristal·lina posterior a la formació de l'esquistositat (formació de quars V, v. p. 78, abundants esquerdes en els feldspats, formació d'una matriu "secundària" molt sericítica i de menor mida de gra, etc). En altres ocasions els plecs tipus kink i les extincions ondulants en la biotita i moscovita són els únics senyals de deformacions posteriors als processos de recristal·lització associats a la formació de l'esquistositat.

Cal destacar que s'observen petits cristalls de microclina i de plagiòclasi que s'haurien format sincrònicament amb la resta d'elements de la matriu. Tenen una mida variable entre 200 i 400 micres, i correspondrien als feldspats III i a les plagiòclasi II de GUITARD (1970)

a) El quars

Forma una part molt important de la matriu en els gneiss ocellars. Es troba també a les ombres

de pressió dels feldspats, i omplint esquerdes o en forma d'inclusions al seu interior. Presenta una forma i una microestructura molt variada, que permet diferenciar diversos tipus de quars. Per facilitar la descripció he numerat els diversos tipus de quars, sense que això impliqui d'entrada una cronologia relativa. Els diversos tipus diferenciats no estan presents en totes les mostres estudiades, mentre que en d'altres és possible observar elements amb característiques intermèdies. La descripció que segueix té per tant un caràcter sintètic i està establerta a partir del conjunt d'observacions realitzades.

QUARS I. Són megacristalls amb una mida variable entre 0,5 i 4 mm. Actuen com a porfiroclastos, ja que tenen les mateixes relacions amb l'esquistositat que els ulls feldspàtics. Són freqüents en alguns dels gneiss del vessant sud (G-1 La Presta) i en els gneiss ocellars biotítics dels voltants de Carançà (G-2). Probablement representen megacristalls heretats de la roca inicial. Alguns presenten característiques (entrades de corrosió) que denoten un origen magmàtic (GUITARD, 1958 , 1970). Tenen fortes extincions ondulats i nombrosos subgrans al seu interior (Fig.25). Estan envoltats per grans de mida menor (0,5 mm) i tenen les vores molt irregulars. Aquestes característiques fan difícil establir tant la mida com la forma inicial d'aquests cristalls i la seva utilització com elements "marcadors" de la deformació.

QUARS II. Es el tipus més abundant. Tenen una geometria molt variada, els grans presenten formes des de subrectangulars fins molt irregulars. Es caracteritzen per tenir les vores serrades i extinció ondulant; en alguns casos tenen subgrans al seu interior. La seva mida varia entre 0,5 i 1,2 mm, excepcionalment poden arribar a mesurar 3 mm. Formen part dels ribbons polimi-

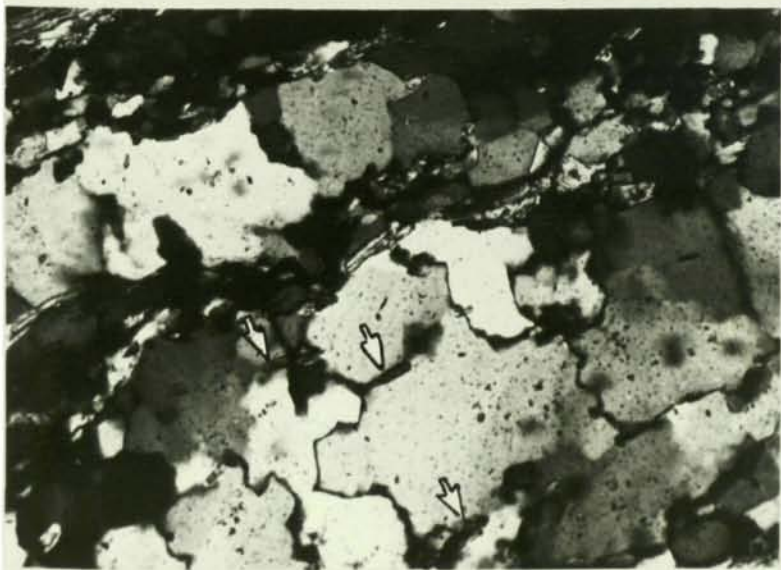
Fig. 25. A) Quars I amb extinció ondulant i subgrans, passa a un agregat de cristalls poligonals (Q III). Gneiss de la Presta. Nícols encreuats. (escala 0,1 mm). B) Quars II en els gneiss ocellars de la vall del Llec, amb vores molt irregulars (serrades). Nícols encreuats (escala 0,1 mm), C) Detall de quars II amb petites inclusions orientades de moscovita (fletxes). Gneiss ocellars moscovítics dels voltants del Pic de Bastiments. Nícols encreuats. (escala 0.1 mm).



A



B



C

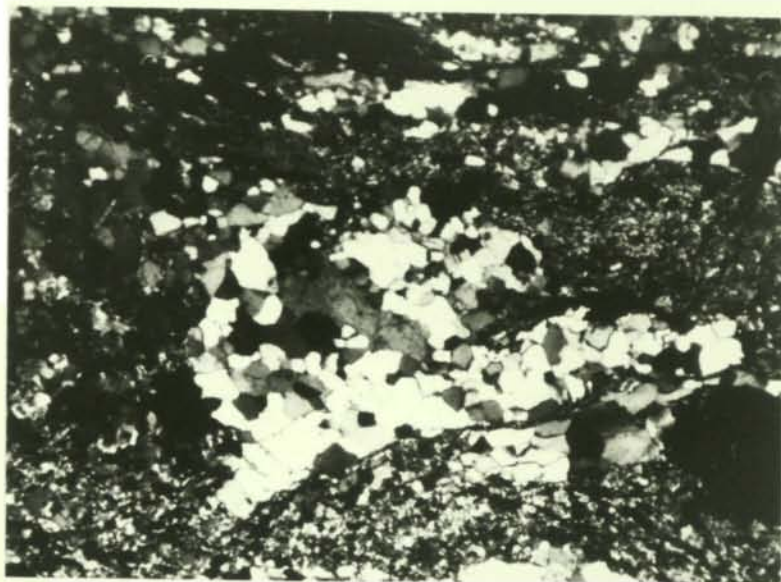
neràlics o bé estan repartits homogèniament a la matriu. Poden ser aproximadament equidimensionals o bé tenen formes allargades paral·lelament a l'esquistositat. Presenten petites inclusions orientades de moscovita a biotita, en forma de petits cristalls rectangulars disposats paral·lelament als filosilicats intergranulars (Fig. 25).

QUARS III. Són grans aproximadament equidimensionals i amb formes més regulars, a vegades de subpoligonals a poligonals. Són especialment abundants a les ombres de pressió i en els ribbons. Tenen una mida variable entre les 150 i 600 micres. Apareixen en una proporció molt variable; en alguns gneiss ocellars biotítics (voltants de Pla Guillem) o en algunes varietats moscovítiques (Bastiments) són el tipus de quars predominant. Tot i això el més freqüent és observar la coexistència amb el quars II en la major part de les mostres, la qual cosa a vegades fa difícil diferenciar ambdues varietats (a nivell d'un mateix ribbon per exemple). No he observat que presentin inclusions de filosilicats, sinó que aquests ocupen sempre posicions intergranulars, i en alguns casos exerceixen un cert control en la mida i la forma del quars.

QUARS IV. Són grans amb una mida molt menor, entre 20 i 40 micres. Estan localitzats fonamentalment a l'interior dels grans de quars II o V o bé a les vores de gra. Es caracteritzen per presentar formes poligonals i un desenvolupament molt irregular a nivell d'una mateixa làmina o bé en mostres d'un mateix tipus de gneiss. Són especialment abundants en els gneiss en contacte amb els esquistos de Balaig a la zona central del massís (Cresta de Barbet, coll de les Voltes), o en alguns gneiss ocellars del vessant sud (l'Estanyol).

QUARS V. Són cristalls allargats que defineixen

Fig. 26. A) Agregat de cristalls de quars III en els gneiss ocellars de la vall del Llec. Nícols encreuats (escala 0,1 mm), B) Petits cristalls de quars IV (flexes) a l'interior de cristalls de quars II amb extinció ondulant. Gneiss ocellars al nord del Coll de les Voltes. Nícols encreuats. (escala 0,1 mm), C) Quarsos V allargats, alguns s'emmotllen als porfiroclastos feldspàtics. Gneiss ocellars moscovítics del Puig-Sec. Nícols encreuats. (escala 0,1 mm).



A



B



C

una "fàbrica de forma" a vegades obliqua a l'esquistositat, sobretot als voltants dels megacristalls feldspàtics (Fig. 26). Coexisteixen a nivell d'una mateixa làmina amb quars II i III que no presenten orientació dimensional tant marcada, s'observa sovint el pas progressiu entre les formes allargades (quars V) i les aproximadament equidimensionals (II i III). Al seu interior freqüentment presenten petits grans poligonals (quars IV). Tenen marcades extincions ondulats i formació de subgrans. Com el quars IV té una localització força restringida (Puig-Sec, Cresta de Barbet, l'Estanyol).

Aquesta gran varietat de microstructures i el no poder disposar d'observacions sobre les característiques dels cristalls de quars no deformats, fan difícil d'establir l'evolució d'aquest element durant la formació de l'esquistositat regional. Tanmateix es poden fer algunes consideracions:

1) La geometria dels cristalls de quars III, la seva disposició (en els ribbons i les ombres de pressió), i la manca d'inclusions al seu interior, suggereixen que aquests cristalls s'haurien format per un procés de recristal·lització sincinemàtica a partir dels megacristalls inicials (quars I). Les relacions observades entre els quars I i el III (gneiss de la Presta) donen suport a aquesta possibilitat (formació de grans poligonals a la perifèria dels porfiroclastos I). 2) El quars II presenta algunes característiques (formes irregulars, inclusions, mida de gra més gran) que recorden algunes microstructures anomenades de "croissance exagérée" (BOUCHEZ i PECHER, 1976; BOULLIER I BOUCHEZ, 1978) o "exaggerated grain growth" (WILSON, 1973; WHITE, 1976; BOUCHEZ i PECHER, 1981). El quars adopta aquest tipus de microestructura com a resultat de : a) Deformació a temperatura relativament elevada (Fàcies amfibòlica), en aquestes condicions la presència d'altres fases (miques) no inhibeix el creixement dels grans ni condiciona directament

la seva forma (WILSON, 1973; HOBBS et al., 1976); b) Recristal·lització "secundària" com a resultat d'un creixement "postectònic" dels grans associat a un increment de la temperatura (HOBBS et al., 1976; WHITE, 1976; BOULLIER i BOUCHEZ, 1978). Sovint és difícil diferenciar ambdues situacions, però en tot cas la formació d'aquest tipus de microestructura indica : 1) l'existència d'una estructura estable prèvia formada per una "matriu" recristal·litzada, a partir de la qual es desenvolupen els processos de creixement per migracions de vores de gra (WILSON, 1973). En el nostre cas els grans aproximadament poligonals (quars III) podrien representar restes d'aquesta estructura prèvia. 2) la deformació tindria lloc en condicions de temperatura relativament elevada, tant si el quars II és sincinemàtic o si cal relacionar la seva formació amb el clímax metamòrfic. 3) El pas progressiu entre les formes allargades (quars V) i les que són aproximadament equidimensionals (quars II i III), i la localització molt restringida de les primeres, fa suposar que aquests canvis de forma són resultat d'una deformació localitzada posterior a la formació de l'esquistositat. Una situació d'aquest estil podria explicar també la formació dels petits grans poligonals (quars IV) a l'interior de grans preexistents, i els signes de deformació intracrystal·lina que a vegades presenten aquests (quars II). La diferència notable de la mida de gra entre aquests nous grans poligonals i la resta del quars, suggereix que la seva formació tindria lloc en condicions de menor temperatura (WHITE ET al., 1980). (4) Cal remarcar que en els gneiss no he observat la presència de ribbons monomineràlics formats per grans molt allargats paral·lelament a l'esquistositat. Aquest tipus de microestructura és interpretada com a resultat de deformacions a relativament baixa temperatura (fàcies esquistos verds, v. 5.2.2.3.; WILSON, 1975; BOULLIER i BOUCHEZ, 1978; PASSCHIER, 1982).

b) o.c.p. del quars

He procedit a la determinació de l'o.c.p. del quars en una sèrie de mostres procedents de diversos sectors del massís (Fig. 27). La major part de determinacions han estat fetes en mostres en les quals coexisteixen els grans de quars II i III, tret d'una en la qual el quars III és clarament predominant. Tret d'aquest cas (Fig. 27C) la resta de distribucions obtingudes tenen en general una geometria complexa. Els màxims presenten fortes inclinacions respecte l'esquistositat, i solen estar repartits d'una manera força desigual a banda i banda de l'esquistositat (Fig. 27).

Alguns diagrames tenen formes que recorden per damunt a dos cercles centrats al voltant de Z, o bé a una garlanda creuada mal definida. Cal remarcar l'absència de concentracions ben definides al voltant d'Y, així com la presència d'alguna concentració significativa al voltant de L.

4.2.2.2. Els gneiss leptínics

En detall tenen una microestructura força variada, malgrat la similitud que aquest conjunt de roques presenten sobre el terreny. Tenen una mida de gra menor que els gneiss ocellars i un menor contingut de filosilicats, la qual cosa els dona un aspecte leucocràtic.

Els ulls feldspàtics són menors de 5 mm. Presenten les mateixes característiques que els dels gneiss ocellars (caràcter pretectònic, ombres de pressió, etc.) Les esquerdes i fractures que els afecten presenten també un desenvolupament molt irregular (esquerdes sense desplaçament, esquerdes obertes i omplertes per material de la matriu, fractures que redueixen els grans, etc). En

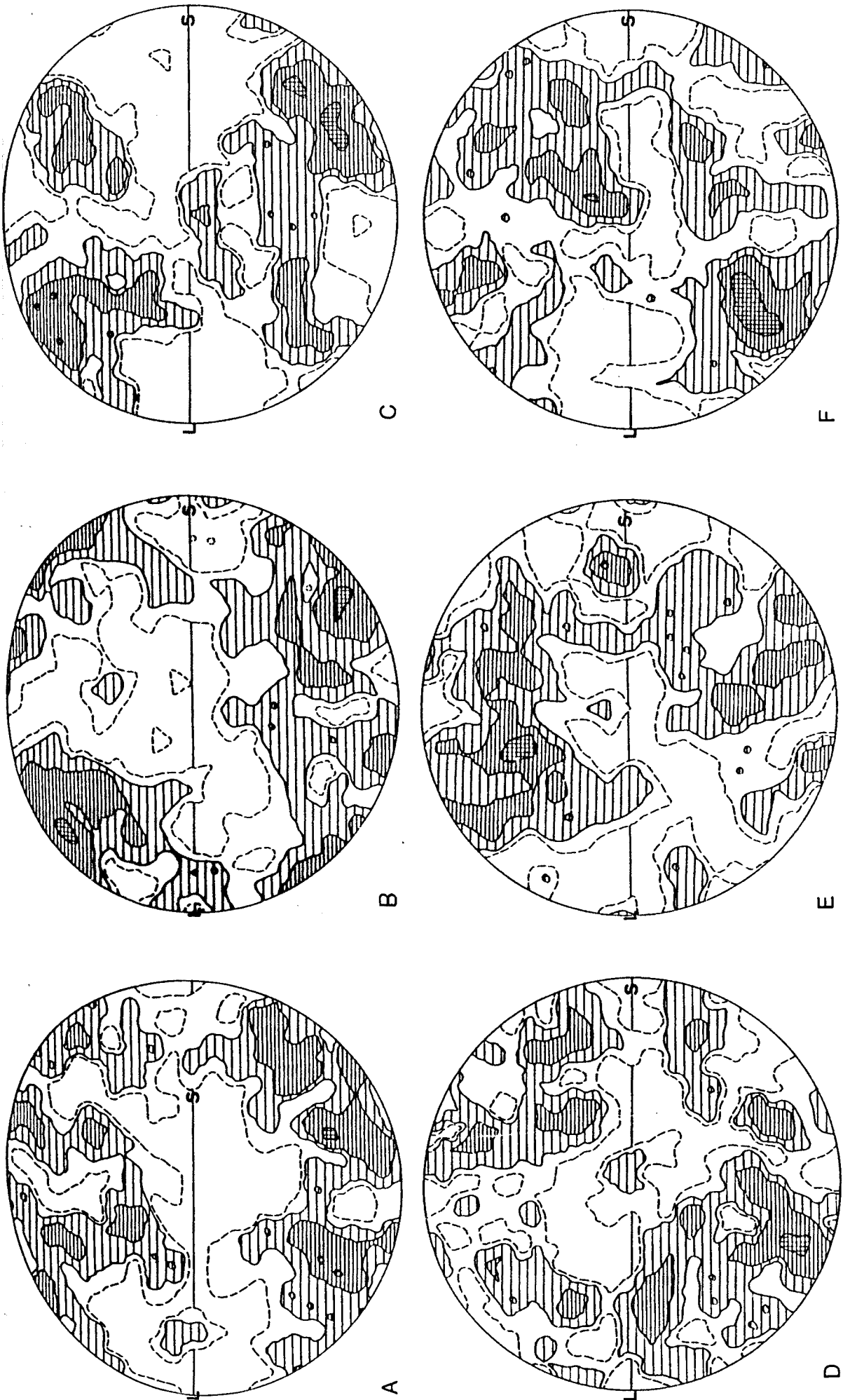


Fig. 27. Orientació cristal·logràfica del quarz en els gneiss ocellars de diversos sectors del massís. A i B) Coll Mitjà. Quars II i III, C) voltants del Pic de Bastiments. Quars II predominant, D i E) Puig-Sec. Quars II i III, F) vall del Llec. Quars II i III. Situació de les mostres a la figura 30. S representa el pla mig de l'esquistositat i L la lineació (200 mesures, 0,5 - discontinua- 1,2 i 4%).

general la moscovita és més abundant que la biotita en aquests materials; ambdues formen petites plaques rectangulars orientades i que defineixen l'esquistositat. Esporàdicament s'observen cristalls de moscovita de dimensions majors, fracturats i amb extinció ondulant.

Des d'un punt de vista descriptiu es distingeixen dues varietats fonamentals de gneiss leptínics: 1) els que tenen una microestructura aproximadament granoblàstica, i 2) gneiss amb una microestructura de tipus milonític.

Els primers estan formats per una matriu granoblàstica de quars de mida variable i petits cristalls de microclina (entre 40 i 160 micres), en la que destaquen porfiroclastos feldspàtics menors de 5 mm (Fig. 24D). La proporció de filosilicats és molt variable; aixó juntament amb variacions de la mida de gra dels feldspats, origina microestructures diverses, des de granoblàstiques equigranulars fins grano-lepidoblàstiques o microocel.lars (Fig.28). Aquest conjunt de textures les presenten gneiss leptínics que ocupen diverses posicions estructurals en el massís: a) nivells de gneiss leptínics d'ordre decimètric a mètric, amb geometria de dic, que estan situats a l'interior dels gneiss ocel.lars i que tenen un contacte molt net amb aquests (vall del Lec, vall de Carançà, etc); b) nivells cartografiables, de dimensions mètriques a decamètriques, intercalats en els gneiss ocel.lars del sector central i meridional del massís (coll Mitjà, Pas del Porc), i c) els gneiss leptínics situats a la base dels gneiss ocel.lars a la Finestra de Balaig (Ras del Prat Cabrera).

Les varietats milonítiques tenen aproximadament la mateixa mida de gra, però presenten una major proporció de filosilicats (moscovita i biotita) que es concentren en bandes mil.limètriques paral.leles als ribbons de quars (Fig.24 C).Aquestes bandes defineixen l'esquistositat, que en aquestes roques és més evident que en les varietats granoblàstiques. Aquest tipus de microestruc-

tura la presenten sobretot les leptinites situades prop del contacte amb els materials de la cobertora al vessant sud (l'Estanyol), i les que estan intercalades en els materials més baixos de la cobertora (Leptinites intercalades en els marbres dels voltants del Pic de Bastiments)

	Porfiroclastos feldspàtics		GUITARD (1970)
	1 mm	1-5 mm	
Matriu quars-feldspàtica granoblàstica	GRANOBLÀSTICA EQUIGRANULAR	GRANOBLÀSTICA HETEROGRANULAR	(APLITIQUE)
	GRANO-LEPIDOBLÀSTICA MICRO-OCEL.LAR		(PORPHYRIQUE)
Matriu quars-feldspàtica granoblas. i filossilicats orientats.	GRANO-LEPIDOBLÀSTICA MICRO-OCEL.LAR		
Ribbons de quars i filossilicats orientats	MILONÍTICA MICRO-OCEL.LAR		(AMYGDALO-OEILLE)(RUBANÉ).

Fig.28 Denominacions proposades per a les diverses microestructures dels gneiss leptínics.

a) El quars

Com en els gneiss ocel.lars, el quars mostra una microestructura i una mida de gra força variables. Tanmateix presenta algunes particularitats. Globalment té una mida de gra menor (0,5 mm) i és difícil reconèixer en aquests materials les varietats de quars I, IV o V diferenciades en els gneiss ocel.lars. La poca abundància de porfiroclastos de quars podria ser deguda a què, en conjunt, aquestes roques tinguessin una mida de gra inicial menor, o a què els processos deformatius sincinemàtics dificultin diferenciar els megacrystals

inicials. En els pocs casos en que ha estat possible observar algun cristall amb les característiques del quars I (vores molt irregulars, subgrans, extinció ondulant, mida de gra major, etc) cal notar que la seva mida de gra és, com a molt, de 500 micres. Dels altres tipus diferenciats en els gneiss, les varietats II i III són les més abundants. Els cristalls aproximadament equidimensionals, i subpoligonals (equivalents al quars III) tenen una mida variable entre les 40 i les 400 micres. En les mostres granoblàstiques estan repartits homogèniament a la matriu. (Fig.24 D). A nivell de mostra poden ser predominants o bé coexistit amb d'altres més grans, fins les 600 micres, amb formes des de molt irregulars fins subrectangulars, vores serrades, i amb petites inclusions de moscovita (quars II). Cal reconèixer però que en alguns casos és gairebé impossible diferenciar aquestes dues varietats al microscopi: En els gneiss amb microestructura milonítica el quars forma estretes ribbons paral·lels a l'esquistositat, que envolten els porfiroclastos i donen a la roca un cert aspecte bandejat.

b) o.c.p.del quars

En general no presenten una o.c.p. massa ben definida. Com en els gneiss, han estat obtingudes distribucions difícilment interpretables i d'altres que són assimilables a cercles centrats al voltant de Z (Fig 29). Cal notar l'elevada inclinació dels màxims respecte l'esquistositat i també la manca de concentracions significatives al voltant d'Y. Les distribucions més ben definides corresponen a les mostres en les quals el quars III és predominant (leptinites de la vall del Llec).

4.2.2.3. Discussió

En conjunt, en els gneiss el quars no mostra una o.c.p. clara que permeti definir una fàbrica "tipus"

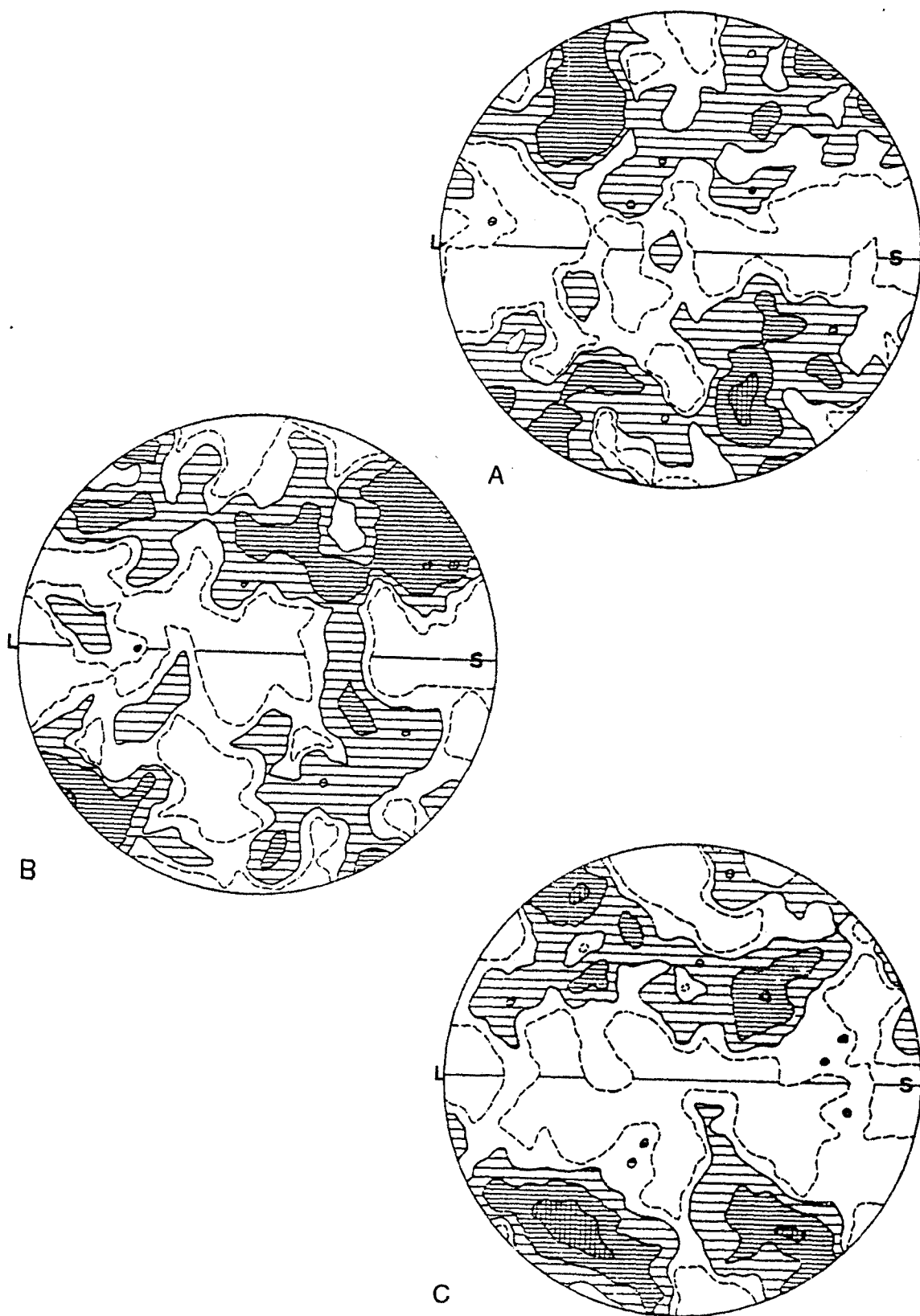


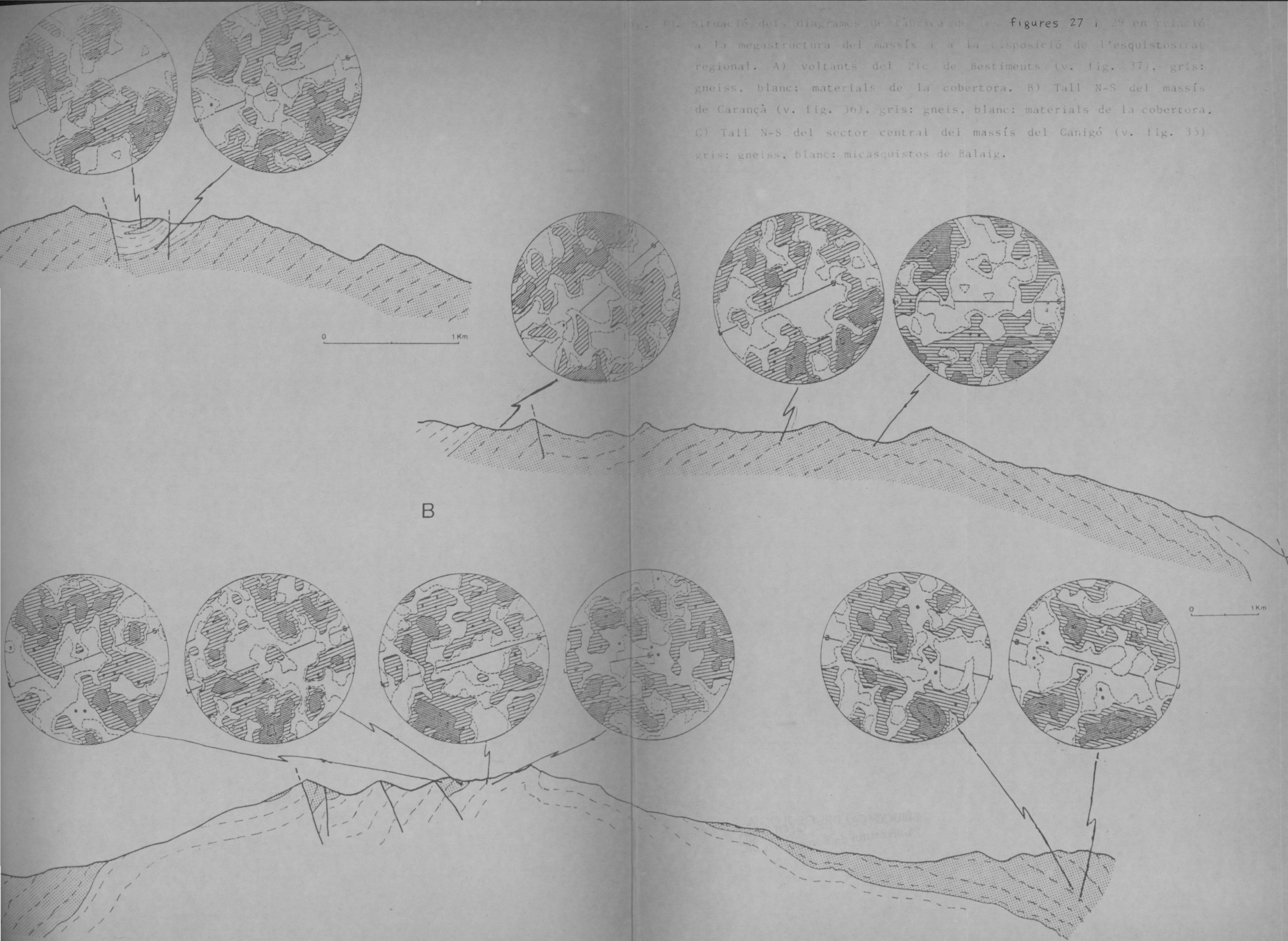
Fig. 29. Orientació cristal·logràfica del quars en els gneiss leptínics. A) Leptinites intercalades a la base dels materials de la cobertora al Pic de Bastiments. Quars II i III, B) Leptinita a la vora del contacte amb els materials de la cobertora, al Pas del Porc. Quars II i III, C) Leptinita intercalada en els gneiss ocellars de la vall del Llec. Quars II predominant. Situació de les mostres a la figura 30. S és el pla mig d'esquistositat i L la lineació (200 mesures, 0,5 - discont.- 1,2 i 4%).

associada a la formació de l'esquistositat regional. S'observen distribucions aproximadament simètriques, asimètriques i d'altres que son difícilment interpretables. Les primeres recorden dos cercles centrats al voltant de la normal a l'esquistositat, mentre que en les fàbriques asimètriques la distribució irregular dels màxims no permet definir amb claredat una garlanda creuada respecte l'esquistositat.

No he observat una relació clara entre la posició estructural dels gneiss i el tipus de fàbrica. Val a dir però que les distribucions a l'atzar són freqüents en els gneiss de la base de la formació, prop del contacte amb els esquistos de Balaig (Puig-Sec). D'altra banda les distribucions simètriques i asimètriques han estat observades tant en els gneiss del sostre de la formació, prop del contacte amb els materials de la cobertora (Bastiments, Pas del Porc), o bé en els gneiss ocellars que ocupen una posició intermèdia (Coll Mitjà, vall del Llec).

Aquesta variabilitat que mostren les fàbriques, fa difícil utilitzar-les indiscriminadament per deduir el sentit de vergència o de moviment, de les possibles megastructures lligades a la formació de l'esquistositat regional, tal com proposa LAGARDE (1978). Tan sols en alguns casos, els eixos c presenten distribucions amb una asimetria comparable amb la que descriu aquest autor. (Figs.27B,30), mentre que s'han obtingut també distribucions amb una asimetria inversa (Fig.27F). Cal remarcar que tant en els gneiss com en les leptinites, les fàbriques més ben definides corresponen a mostres en les quals el quars III és predominant.

La formació de distribucions poc definides pot ser deguda a diverses causes: a) caràcter polimineràlic dels gneiss i presència de porfiroclastos feldspà-



Situació dels diagrames de líbria de les figures 27 i 29 en relació a la megaestructura del massís i a la disposició de l'esquistositat regional. A) voltants del Pic de Bestiments (v. fig. 37), gris: gneiss, blanc: materials de la cobertura. B) Tall N-S del massís de Carançà (v. fig. 36), gris: gneiss, blanc: materials de la cobertura. C) Tall N-S del sector central del massís del Canigó (v. fig. 35) gris: gneiss, blanc: micasquistos de Balaig.

tics que poden originar varacions locals de la deformació al seu voltant (LISTER I PRICE 1978) i b) recristal·lització "postectònica" del quars, que pot originar variacions en les fàbriques inicials (WHITE, 1976; BOUCHEZ I PECHER, 1981). Tot i que és difícil pronunciar-se sobre aquesta qüestió, hi ha una sèrie d'arguments que donen suport a la segona possibilitat: 1) les fàbriques desorientades han estat observades tant en els gneiss ocellars com en els leptínics, en els quals els feldspats són presents en molta menor proporció i més a més tenen una mida de gra molt menor, i 2) la microestructura del quars suggereix que en alguns casos poden haver actuat processos de creixement postectònic. Cal remarcar que SAILLANT (1982, p. 230) descriu també fàbriques molt disperses en els gneiss del massís de l'Hospitalet. Aquest autor atribueix aquest fet a la influència de les deformacions postesquistoses (proximitat de la falla de Mérens). En el nostre cas no crec que aquesta sigui la causa que origina la dispersió de les fàbriques, ja que les mostres utilitzades no mostren estructures deformatives, sobreimposades, ni a nivell mesoscòpic ni microscòpic.

El pas entre els diversos tipus de gneiss ocellars sovint és progressiu. Als voltants del Ras de Cortallets-Roc Mosquit els gneiss ocellars homogenis (G-2) passen gradualment a varietats biotítiques, amb menor mida de gra i estructura lineal molt marcada, aquests gneiss en altres sectors del massís corresponen als G-3 de GUITARD. A la vall de Carançà els mateixos G-2 passen també progressivament a gneiss biotítics-moscovítics amb menor mida de gra i nombroses intercalacions leptíniques de gruix molt variable (G-1 Carançà). Al vessant sud el pas entre els gneiss "massius" amb porfiroclastos de quars (G-1 La presta), i els G-2 també és gradual. En conjunt aquests canvis estan associats a variacions progressives en la composició i la mida de gra. No he detectat variacions notables en les microestructures de-

deformatives dels diversos tipus de gneiss relacionables amb canvis en la intensitat de la deformació. Malgrat que aquestes observacions tenen un caràcter qualitatiu, sembla que indiquen que les característiques litològiques inicials són un factor predominant que controla la microstrutura i la mineralogia dels gneiss.

Els gneiss leptínics amb textura granoblàstica que es troben "intercalats" dins la gran massa de gneiss ocellars, o bé formen nivells cartografiables a la base d'aquesta formació, presenten un contacte molt net amb els gneiss que els envolten. D'altra banda tenen una microestructura força diferent. Ara bé els criteris microtexturals no indiquen que hagin sofert una deformació més intensa que els gneiss propers. En aquest sentit sembla força difícil relacionar genèticament ambdós tipus de gneiss, tal com proposa LAGARDE (1978). Probablement les leptinites derivarien de roques amb una mineralogia i microestructura inicialment diferents de les dels gneiss ocellars (aprites, pegmatites, leucogranits). No cal descartar altres possibles orígens per una part d'aquestes roques, com suggereix GUITARD (1970), ara bé les dades microestructurals proporcionen poca informació al voltant d'aquesta qüestió.

Alguns gneiss mostren una microestructura complexa, probablement com a resultat de deformacions sobreimposades posteriors a la formació de l'esquistositat regional (formació d'una matriu sericítica secundària, fracturació i plegament dels filosilicats, formació de quars IV i V, etc). En general no s'observa la formació de nous plans d'esquistositat, la qual cosa fa pensar que aquestes transformacions estarien lligades al plegament concèntric de l'esquistositat en un episodi posterior. Cal remarcar que aquestes microestructures són freqüents quan el cabussament de l'esquistositat és superior als 50°, o a la vora de zones de transposició o de bandes

milonítiques aïllades (v.5.2.2.). Aquestes estructures estan sovint associades a importants variacions del cabussament de l'esquistositat (voltants del Coll de les Voltes, Cresta de Barbet, l'Estanyol, etc).

4.3. ESTRUCTURES DE DEFORMACIÓ EN ELS MICASQUISTOS DE BALAIG

4.3.1. ESTRUCTURES MENORS

A diferència dels gneiss aquests materials presenten més d'una generació d'estructures deformatives observables mesoscòpicament i microscòpicament. L'esquistositat regional i les demés estructures associades són de F2, ja que són posteriors a una esquistositat i un sistema de plects reconeixibles tan sols en algun sector de la Finestra de Balaig-estructures de F1- (CASAS, 1978)

4.3.1.1. La Fase 2

a) Esquistositat (S2)

Correspon a la segona esquistositat que presenten aquests materials; és la més evident a nivell d'aflo-rament. Els plans estan definits fonamentalment per l'orientació dimensional preferent de biotita . Sovint la S2 és de crenulació i es reconeixen aleshores els plans d'una esquistositat anterior plegada (S1), quan l'angle que fan aquests dos sistemes de plans és petit tan sols es reconeix una esquistositat a nivell mesoscòpic. Correspon a la segona esquistositat observable també al microscopi. A la zona sud de la Finestra de Balaig té un cabussament predominant cap al sud i la seva direcció varia entre N070 i N110. En els sectors nord i est caubssa cap al N i NE respectivament, la seva direcció varia progressivament a mesura que ens desplace-rem vers l'est,

i dibuixa un acabament periclinal segons aquesta direcció.

b) Plecs (P2)

Els plecs de F2 estan definits per elements de significació molt diversa: vetes de quars d'exudació, plans de la S1, plecs de F1, etc. Tenen doncs unes característiques força variables que depenen en part dels elements plegats (mida, disposició, etc). En general són asimètrics i tenen vergència aparent cap al nord (Fig. 31). Els "rods" (vetes de quars d'exudació fortament allargades i plegades) són les estructures de plegament més freqüents en els micasquistos. Presenten tendència al plegament similar i les carneres engruixides. Pràcticament cada plec defineix una unitat sigmoidal individualitzada, com a resultat de la geometria lenticular dels cossos plegats. (Fig. 31).

c) Lineacions (L2)

Els micasquistos presenten dos tipus de lineacions sobre els plans de l'esquistositat S2: una lineació mineralògica i una lineació de "rodding". Ambdues es disposen paral·lelament i tenen una direcció ENE-WSW (Fig. 34).

4.3.1.2. La Fase 1

Les estructures produïdes per aquesta primera fase són observables tan sols en alguns sectors de la Finestra de Balaig. Es formen plecs (P1) i una esquistositat (S1). No he reconegut estructures lineals d'aquesta fase.

a) Esquistositat (S1)

Sobre el terreny és diferenciable només quan

forma un angle elevat amb la S2. Es paral·lela als plans axials dels plecs de F1.

b) Plecs (P1)

Han estat observats fonamentalment en els nivells quarzítics situats a la base dels esquistos, prop del contacte amb els gneiss de Casemí (Portella de Vallma_nya). Són recumbents, amb tendència isoclinal i tenen vergència aparent sud; són apretats i estan associats a la formació de la S1. El quarz d'exudació també està afectat per plecs de F1 (Fig.31).

4.3.1.3. Estructures produïdes per la interferència de la F2 amb la F1.

Els elements característics d'aquestes dues fases donen lloc a una sèrie d'estructures d'interferència: 1) Interferència de la S2 amb la S1. Es manifesta pel caràcter de crenulació que té la S2 quan es forma a partir del microplegament de la S1 (Fig.31B). 2) Interferència de plecs de la primera i segona fase. En els plecs situats en els nivells quarzítics s'observen plecs menors de vergències oposades i plecs "plegats". 3) Quarzos d'exudació afectats per la F1 i la F2. Nombrosos quarzos estan plegats de manera complexa, i mostren diverses xarres com a resultat de l'actuació de les fases 1 i 2. Si aquests quarzos són molt abundants, la interferència dels dos sistemes de plecs origina una mena de xarxa sobre la roca en dues direccions determinades, i 4) Interferència de la S2 amb els P 1 i amb quarzos plegats per la F1. La S2 talla obliquament plecs de F1 i origina un microplegament dels falcs d'aquests plecs i de la S1. D'altra banda alguns "rods" es disposen com estructures "anteesquistoses" respecte la F2 (Fig.31F) que els envolta.

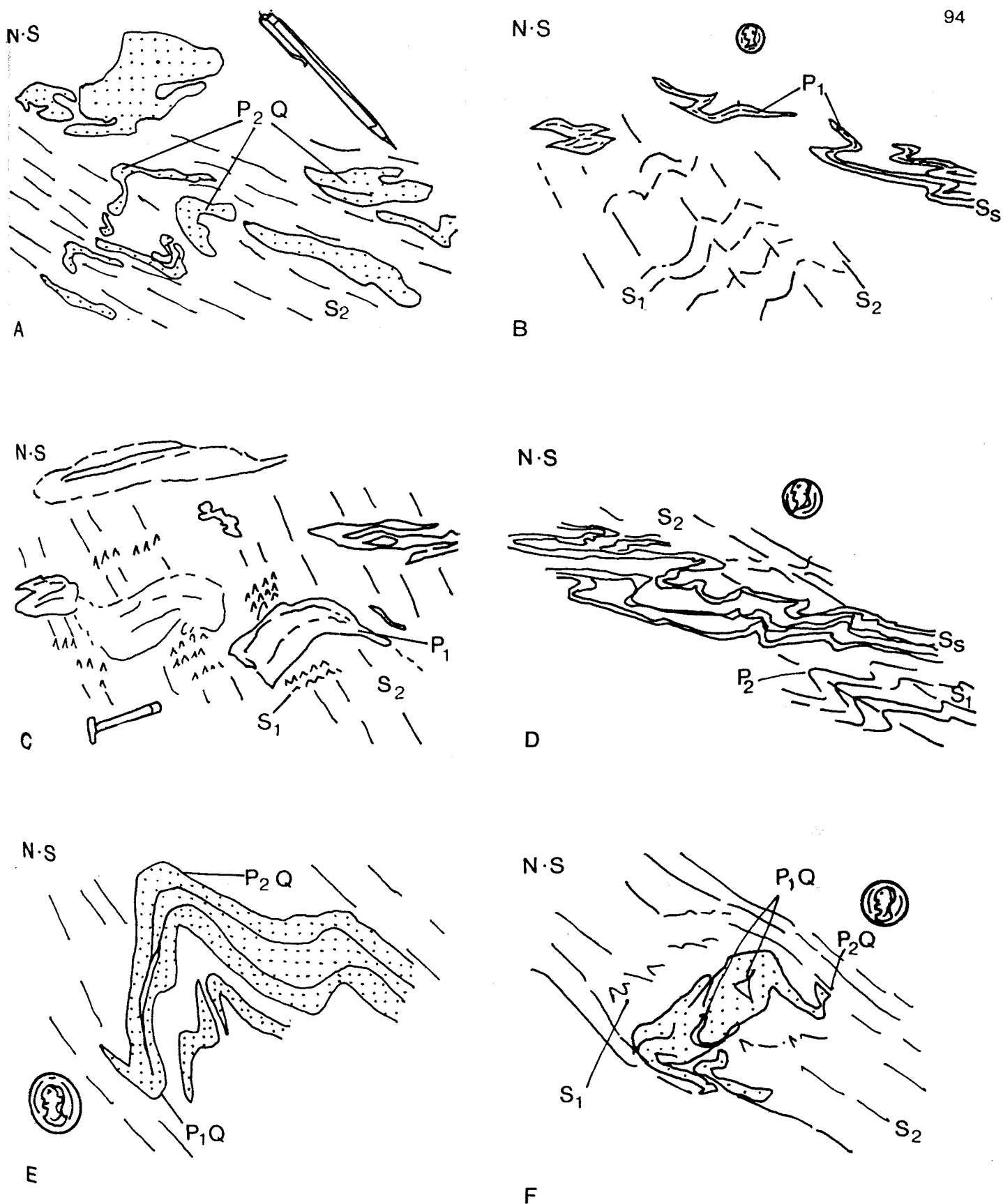


Fig. 31. Estructures menors de fase 1 i de fase 2 en els micasquistos de Balaig (Portella de Vallmanya - Gorgs del Cadí). A) Vetes de quars d'exudació afectades per plects de la fase 2 (rods), B,C,D, i E) Interferència entre els diversos elements estructurals de les fases 1 i 2, F) quars d'exudació "antesquistós" respecte la S_2 .

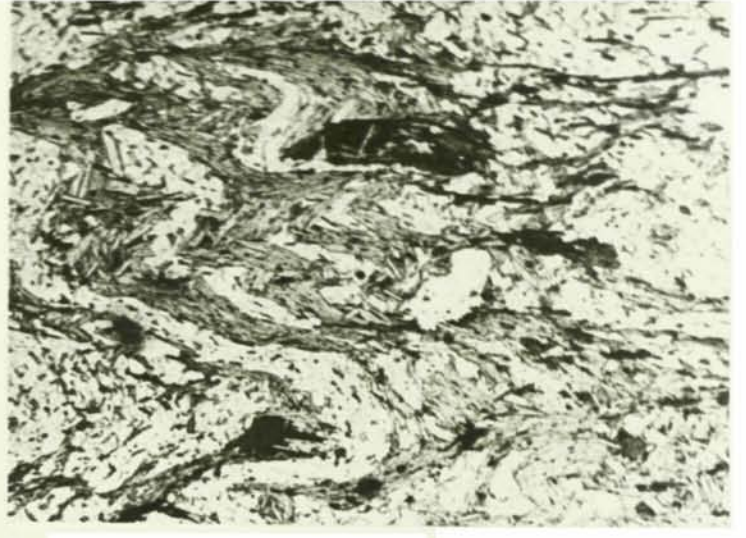
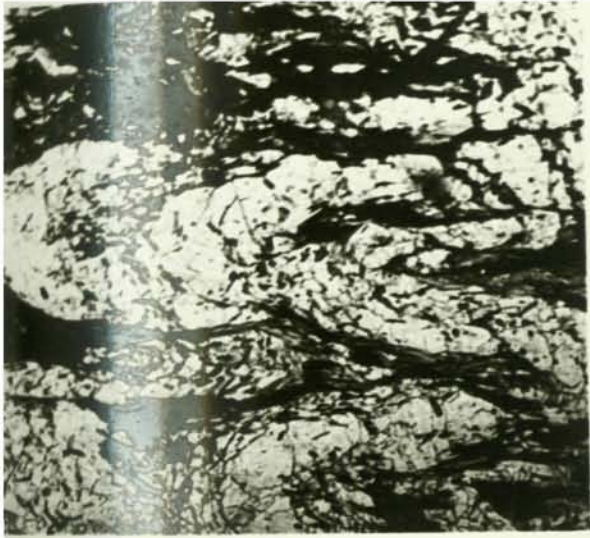
4.3.2. MICROSTRUCTURA DELS MICASQUISTOS DE BALAIG

Tenen una microestructura grano-lepidoblàstica. Segons GUITARD (1965, 1970) i CASAS (1978) presenten associacions minerals de grau mig (amb andalusita, cordierita, biotita, moscovita i quars) i localment elevat (amb sillimanita) dins la fàcies amfibòlica. Com a minerals accessoris presenten turmalina, zircó, apatita i ilmenita.

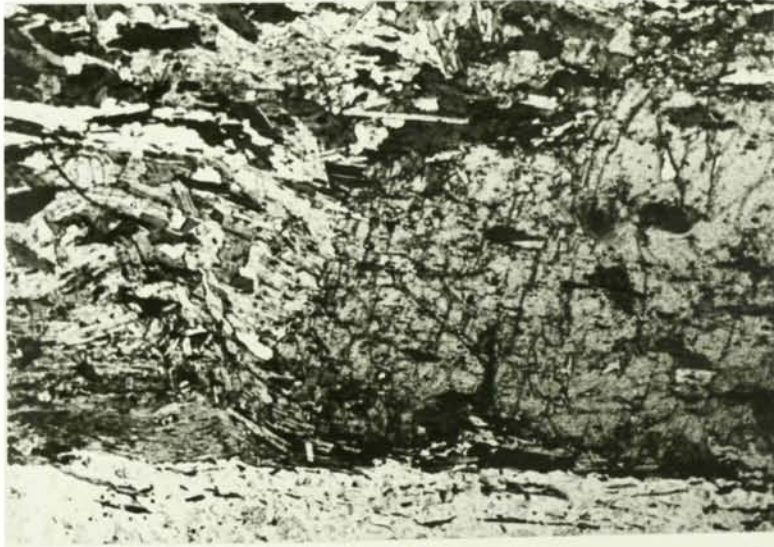
A nivell microscòpic és possible identificar les dues esquistositats descrites més amunt (S1 i S2). En la major part de les mostres la S2 és però l'estructura més evident, la S1 és clarament identificable tan sols quan forma un angle elevat amb aquesta (Fig. 32A).

En relació a aquestes dues estructures les miques (biotita i moscovita) es formen: 1) durant la F1, la biotita assenyala els plans S1 i està deformada juntament amb aquests plans. 2) durant la F2, la biotita i la moscovita defineixen els plans de F2, 3) posteriorment a la F2, la biotita forma arcs poligonals mimètics de plects que afecten la S1. En aquest cas els porfiroblastos no estan deformats, tenen una mida de gra més gran i presenten inclusions plegades que assenyalen la S1. (Fig. 32B). L'andalusita forma cristalls, a vegades de dimensions centimètriques, que destaquen sobre la resta dels components. Aquests cristalls contenen dos tipus d'inclusions: a) quan la S2 és de crenulació, els porfiroblastos contenen inclusions d'ilmenita i de biotita que defineixen una fàbrica interna (Si) plegada. Aquests plects són aproximadament paral·lels als que afecten la S1 (Fig. 32DiE), b) quan tan sols es reconeix la S2, les inclusions dels porfiroblastos no estan plegades i són paral·leles a la S2, que a la vegada està parcialment inclosa al seu interior (Fig. 32C). Aquestes observacions

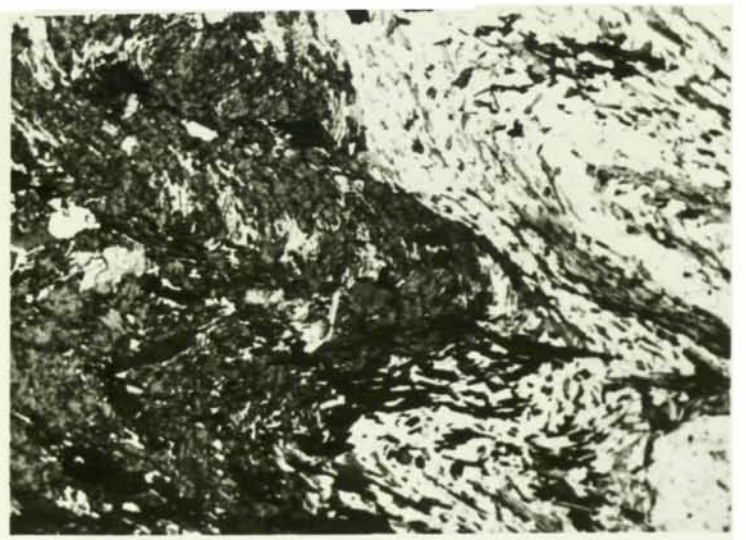
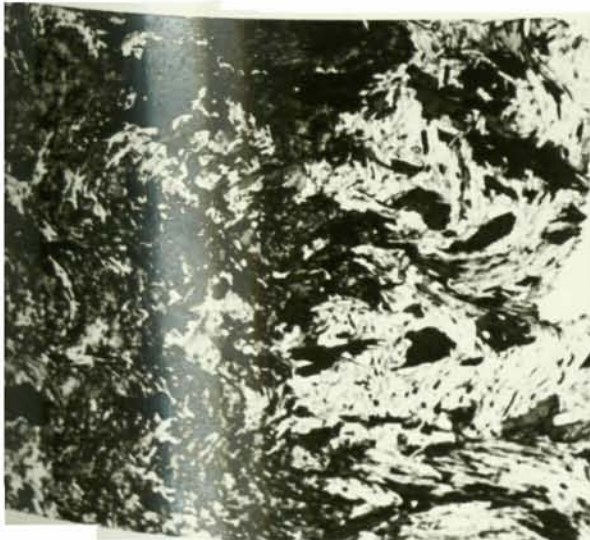
Fig. 32. A) Aspecte microscòpic de la S2 de crenulació en els micasquistos de Balaig. Ras del Prat Cabrera. Nícols paral·lels (escala 1mm), B) Arcs poligonals de moscovita damunt de plecs P2 que afecten la S1. Puig-Sec. Nícols paral·lels (escala 1mm), C) Porfiroblast postcinemàtic d'andalusita amb inclusions orientades paral·leles a la S externa (S2). Pic Jofre. Nícols paral·lels (escala 1 mm), D i E) Porfiroblast d'andalusita postcinemàtic que conté inclusions plegades paral·leles als plecs de F2 que afecten la S 1 externa. Ras del Prat Cabrera. Nícols paral·lels (escala 1 mm).



B



C



E

indiquen que essencialment el creixement d'aquest mineral és posterior a la formació de la S2. Tot i això cal considerar la possibilitat que algunes andalusites siguin sin-S2, ja que a vegades s'observen lleugeres reorientacions de les miques al voltant d'alguns porfiroblastos.

La sillimanita apareix com a fibrolita damunt de quars i de porfiroblastos de biotita sin-S2. Fóra per tant posterior a la F2, i podria relacionar-se la seva aparició, com suggereix GUITARD (1970), amb l'emplaçament del Granit Profund del Canigó.

Tot i que aquestes observacions són força limitades, permeten discutir a grans trets les relacions entre els creixements d'aquests minerals i les estructures deformatives. Aquestes relacions suggereixen que en els micasquistos els processos metamòrfics s'iniciarien durant la F1, però probablement la seva màxima intensitat seria posterior a la formació de l'esquistositat S2.

o.c.p. del quars

Per tal d'establir la fàbrica del quars associada a l'esquistositat regional en roques pràcticament monomineràliques, i comparar-la amb la dels gneiss, he procedit a la determinació de l'o.c.p. del quars de les quarsites intercalades en els micasquistos. Les mostres utilitzades provenen de les quarsites situades a la base dels micasquistos, prop del contacte amb els gneiss de Casemí (Portella de Vallmanya). Tenen una microestructura granoblàstica equigranular. Els cristalls de quars són aproximadament equidimensional i la seva mida varia entre 100 i 300 micres. Presenten inclusions de biotita al seu interior (Fig.33C). Els diagrames de fàbrica mostren una dispersió relativament elevada. En un d'ells s'observen concentracions importants al voltant de la lineació (Fig.33A) i els eixos \underline{c} no mostren una distribució preferent ben marcada. L'altre diagrama no presenta una disper

sió tan elevada (Fig.33B); els màxims formen dos cercles aproximadament paral·lels a l'esquistositat. En cap dels dos casos s'observen però distribucions en forma de garlandes asimètriques respecte l'esquistositat. Recorden força alguns dels diagrames de fàbrica dels gneiss (Fig. 27 i 29).

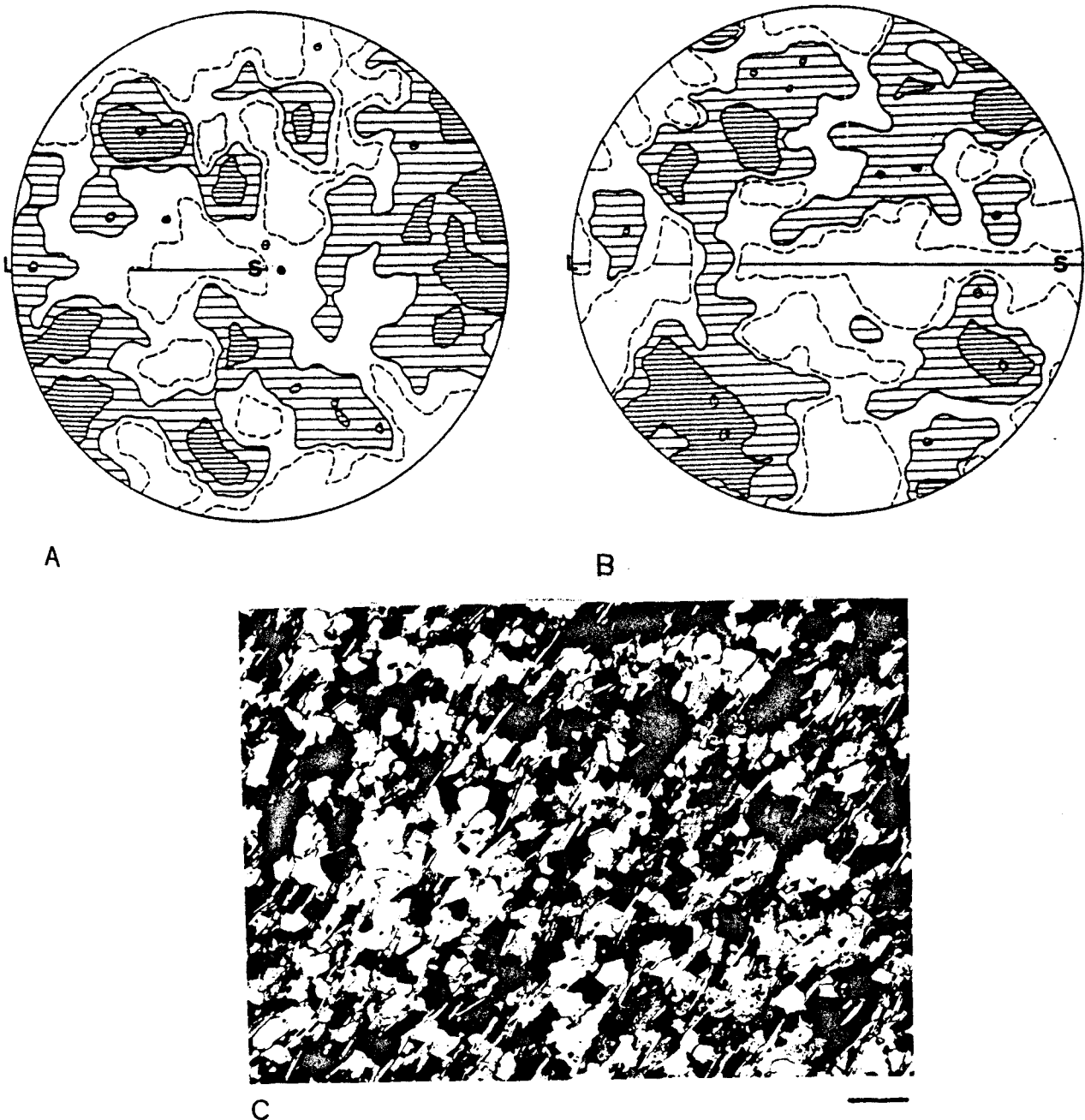


Fig. 33. A i B) Orientació cristal·logràfica del quarz en les quarzites situades a la base dels micasquistos de Balaig. Portella de Vallmanya. (200 mesures, 0,5 - disc.-, 1,2 i 4%). C) aspecte microscòpic de les quarzites. El quarz forma grans equidimensionals que sovint inclouen als filosilicats que defineixen l'esquistositat (S2 orientada NE-SW a la fotografia). Nícols encreuats. (escala 0,1 mm).

4.4. DISCUSSIÓ

4.4.1. COMPARACIÓ ENTRE LES ESTRUCTURES DEFORMATIVES DELS GNEISS I DELS MICASQUISTOS

Les estructures deformatives observades en els gneiss del sector central del massís (Sg i Lg) presenten la mateixa orientació que les estructures de F2 en els micasquistos (S2 i L2). Aquesta relació, observable a nivell d'aflorament, és confirmada per la disposició geomètrica d'ambdós grups d'estructures a la Finestra de Balaig (Fig. 34). Pel que fa a les estructures descrites per GUITARD (1967, 1970), la L1 i S1 d'aquest autor tenen la mateixa significació i distribució espacial que la Lg i Sg en els gneiss, i la L2 i S2 en els esquistos. La F2 fóra doncs assimilables a la F1, o fase sinesquistosaprinicipal d'aquest autor, i seria la responsable de la formació de l'esquistositat i la lineació regionals en els gneiss i els micasquistos.

Les relacions observades en els micasquistos entre els processos metamòrfics i les estructures deformatives, indiquen que el clímax del metamorfisme regional és posterior a la formació de l'esquistositat regional. Això és compatible amb la formació d'arcs poligonals de biotita en els gneiss, que assenyalen que en aquests materials també alguns processos de recristal·lització es desenvolupen posteriorment a l'esquistositat. Una situació d'aquest estil, permet interpretar algunes de les microestructures observades en el quars com a resultat de creixement "postcinemàtic" probablement en condicions d'augment de temperatura.

Pel que fa a l'o.c.p. del quars, la comparació entre les fàbriques dels gneiss i les de les quarsites suggereix que : a) el grau de desorientació d'algunes fàbriques probablement no té relació directa amb el ca-

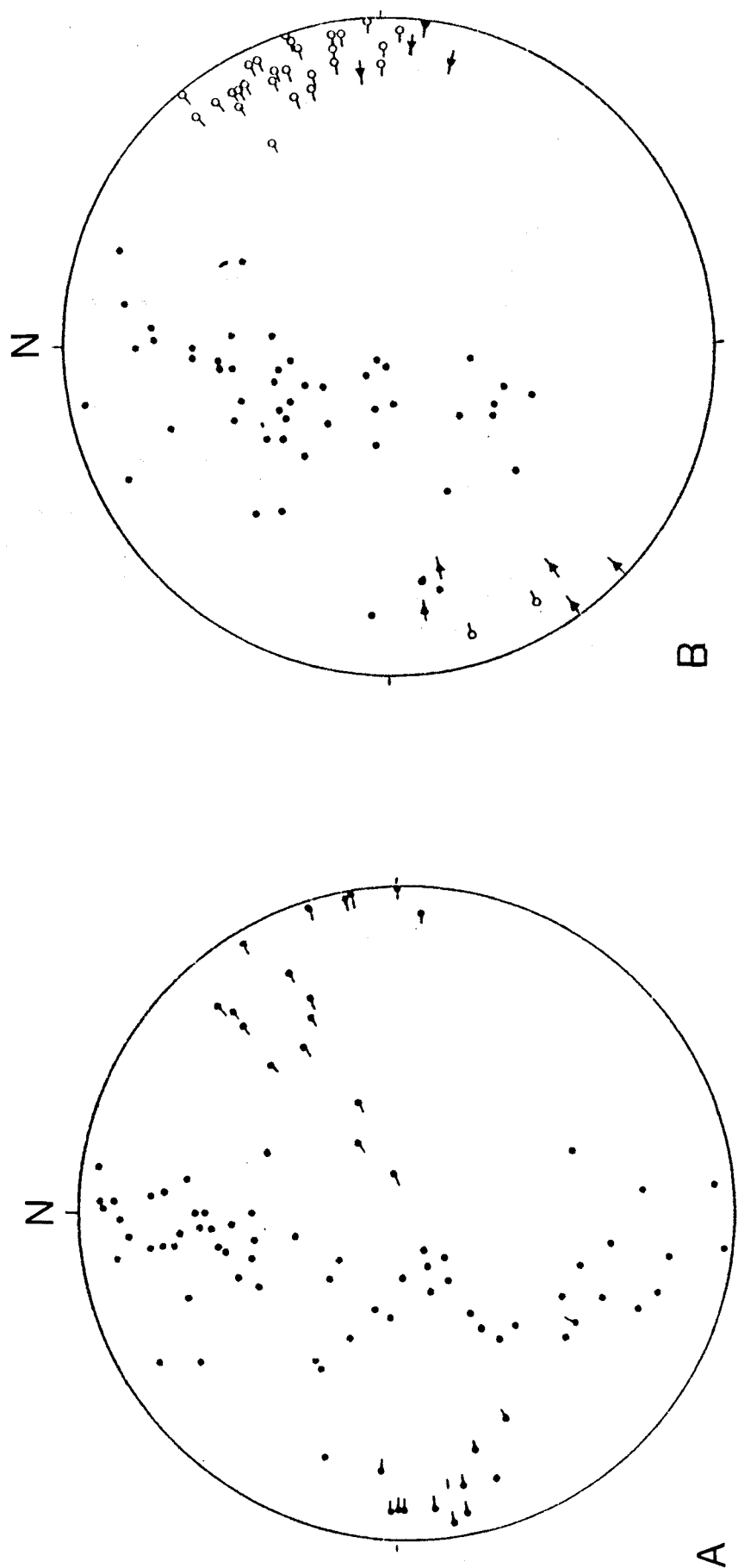


Fig. 34. Disposició de les estructures menors dels gneiss i dels micasquistos en el sector central del massís del Canigó (Finestra de Balaig). A) gneiss, ● Sg 70 mesures, ● Lg 25 mesures, B) micasquistos, ○ L2r 29 mesures, ● L2 mineralògica 9 mesures.

ràcter polimineràlic dels gneiss, ja que roques pràcticament monomineràliques també la presenten. b) aquesta dispersió podria estar relacionada amb els processos de "recristal·lització secundària" esmentats més amunt. c) és delicat utilitzar les fàbriques de quars per deduir les característiques geomètriques i cinemàtiques de les possibles megaestructures lligades a la formació de l'esquistositat.

A partir de la comparació entre les estructures menors dels gneiss i dels esquistos, es planteja el problema de la influència de la F1 en els gneiss, ja que en aquests materials no he reconegut estructures deformatives anteriors a l'esquistositat regional. Per discutir aquest fet cal considerar diverses possibilitats: a) Els gneiss han estat afectats per la F1, però no reflectirien els efectes d'aquestes deformacions anteriors a l'esquistositat regional, donades les característiques que la deformació té en aquests materials; b) els gneiss no han estat afectats per la F1 degut a la presència d'un nivell de "décollement" gneiss/ esquistos, o a que els gneiss són posteriors a la F1. Els criteris microestructurals no proporcionen dades suficients per pronunciar-se clarament sobre aquesta qüestió, que té evidents implicacions sobre el mateix origen dels gneiss del Canigó i les seves relacions amb els materials de la sèrie sedimentària. Per això considero convenient discutir aquest problema a partir del conjunt de dades disponibles.

4.2. LES MEGASTRUCTURES I LES PRIMERES FASES DE DEFORMACIÓ

La formació de l'esquistositat regional en els massissos gnèissics del Pirineu, ha estat objecte de diverses interpretacions (v. 2.3.1. i 2.4.3.). D'altra banda també han estat proposades diverses hipòtesis per explicar l'origen dels gneiss i les seves relacions amb els metasediments propers. En alguns dels esquemes evolutius proposats, ambdues qüestions, gènesi de l'esquis-

tositat i significació dels gneiss, estan íntimament relacionades. a) Les hipòtesis establertes pels diferents autors que han treballat abans en el massís, consideren que la disposició "estratiforme" dels gneiss és resultat de megaestructures de vergència controvertida, associades a la formació de l'esquistositat regional, és a dir la S2 tal com ha estat definida en aquest treball. Això implica: a) existència d'una important tectònica tangencial (megaplecs ajaguts, GUITARD; escates de sòcol, LAGARDE; v 2.4.3.), b) els gneiss s'han comportat "passivament", i formarien part d'un sòcol pre-tectònic involucrat en l'episodi deformatiu principal. Segons aquests models la lineació en els gneiss correspondria a una lineació de tipus "a", és a dir paral·lela a la direcció de moviment i normal a l'eix de la megaestructura. Els plecs menors, paral·lels a aquesta lineació, representarien doncs plecs reorientats en una situació de deformació progressiva.

En aquests models no es planteja el paper de la F1, tant pel que fa a la seva influència en l'estructura dels gneiss com en la del conjunt del massís.

D'altra banda aquests esquemes presenta algunes dificultats: Un dels arguments fonamentals de GUITARD (1970) per proposar l'existència de megaplecs a jaguts és la repetició i la distribució de les unitats litològiques a l'interior del massís: a) repetició de tipus característics de gneiss al sostre i a la base dels G 2, b) repetició de nivells determinats en els micasquistos de la cobertora i de Balaig, i c) presència de gneiss G-1 "en cerclant" els G-2 prop del contacte amb la cobertora. Respecte aquestes qüestions cal fer algunes consideracions: a) tret dels gneiss ocellars homogenis (G-2) la resta de tipus tenen una distribució força irregular en tot el massís (G-3 només en alguns sectors de la Finestra de Balaig, G-1 La Presta tan sols al vessant sud, els G-1 Carançà tenen un desenvolupament molt notable en el sector sud-oest, etc), b) en altres sectors els

G-2 estan directament en contacte amb els micasquistos infrajacentes (Ras de Cortalets), c) al vessant nord és difícil reconèixer la presència d'una unitat gnèissica equivalent als G-1 del vessant sud, ja que les deformacions milonítiques posteriors (GEYSSANT et al., 1980, v. 5. 1.2.) originen importants transformacions texturals i mineralògiques (vall del Llec per exemple). D'altra banda els gneiss més septentrionals, situats ja fora del massís (v. 5.3.), són també difícilment relacionables amb els G-1, ja que els efectes de deformacions sobreimposades dificulten caracteritzar el tipus de gneiss inicial.

L'esquema proposat per LAGARDE (1978) que no implica l'existència d'estructures tipus "flanc invers" conservades, resol els problemes que planteja la distribució irregular de les unitats litològiques acabades de comentar. Ara bé les observacions sobre la microestructura dels gneiss leptínics exposades en aquest treball, la manca de dades que suggereixin que hi ha variacions importants en la intensitat de la deformació a l'interior dels gneiss, i el tipus de fàbriques obtingudes, no concorden amb els arguments que aquest autor utilitza per deduir l'existència d'una important deformació de tipus no coaxial. les observacions realitzades no permeten doncs ni confirmar l'existència de megaestructures de tipus encavalcament, ni tampoc el sentit de vergència proposat per aquestes a partir de criteris microestructurals.

A més a més hi ha una altra sèrie d'observacions difícilment explicables mitjançant la hipòtesi del sòcol pretectònic: a) "septes" de material sedimentari a l'interior dels gneiss, i b) la textura que presenten alguns dels esquistos prop del contacte amb els gneiss. Pel que fa a la primera qüestió cal comentar que el vessant oriental del Coll Mitjà (damunt del Ras de Carançà) ha estat localitzat un nivell de dimensions mètriques de marbre enmig dels gneiss ocellars. Al vessant sud algunes d'aquestes estructures (septe de St. Guillem) poden tenir dimensions d'ordre quilomètric.

Els esquistos que formen aquest septe tenen caràcters petrogràfics particulars (opinió ja expressada per GUI-TARD, 1970, p. 143), que recorden els d'algunes corneanes. D'altra banda alguns nivells d'esquistos en contacte amb els gneiss al voltant del Pic de Bastiments tenen restes d'una textura granoblàstica anterior a l'esquistositat, i presenten agregats allargats de miques que podrien representar antics porfiroblastos deformats per l'esquistositat. Ambdós tipus de microstructures podrien relacionar-se amb un aconeteixement tèrmic anterior a l'esquistositat; de tota manera el caràcter puntual d'aquestes observacions no permet definir les característiques d'un aconeteixement metamòrfic pretectònic, relacionable potser amb un fenomen de tipus intrusiu, que d'altra banda explicaria la presència de septes de material sedimentari a l'interior dels gneiss.

b) Les altres hipòtesis proposades per explicar l'origen i evolució dels gneiss en d'altres sectors del Pirineu no comporten l'existència de megastructures sinesquistoses ni l'actuació d'una tectònica tangencial. L'aplicació del model dels autors holandesos al Canigó podria explicar algunes de les qüestions comentades més amunt, així com l'origen ortoderivat d'algunes formacions gnèissiques intercalades en els metasediments (gneiss de Casemí, gneiss de Bonabosc, gneiss de Núria-Querals, etc) si considerem que aquest conjunt de roques estan lligades a un mateix aconeteixement magmàtic. Ara bé: a) no hi ha evidències clares de tipus cartogràfic que confirmin l'existència de contactes intrusius al Canigó, b) el problema de la influència de les fases de deformació més antigues continua plantejat. En els treballs més recents sobre el massís de l'Aston, els autors holandesos (VERHOEF, et al. en premsa) no reconeixen tampoc en els gneiss estructures atribuïbles a la serva Fl, que d'altra banda estan ben desenvolupades en els metasediments pro-

pers, i c) l'aplicació d'aquest model implicaria la revisió de l'origen paraderivat que segons GUITARD tenen algunes formacions gnèissiques.

c) Pel que fa a la interpretació de SOULA, val a dir que el caràcter postesquistòs del clímax del metamorfisme regional no és compatible amb un metamorfisme de contacte associat a una intrusió sincinemàtica dels gneiss. Més a més, la disposició de les isogrades en relació al contacte gneiss/esquistos (GUITARD, 1970, 1976) no sembla tampoc compatible amb el desenvolupament del metamorfisme sincrònic a la formació del dom gnèissic.

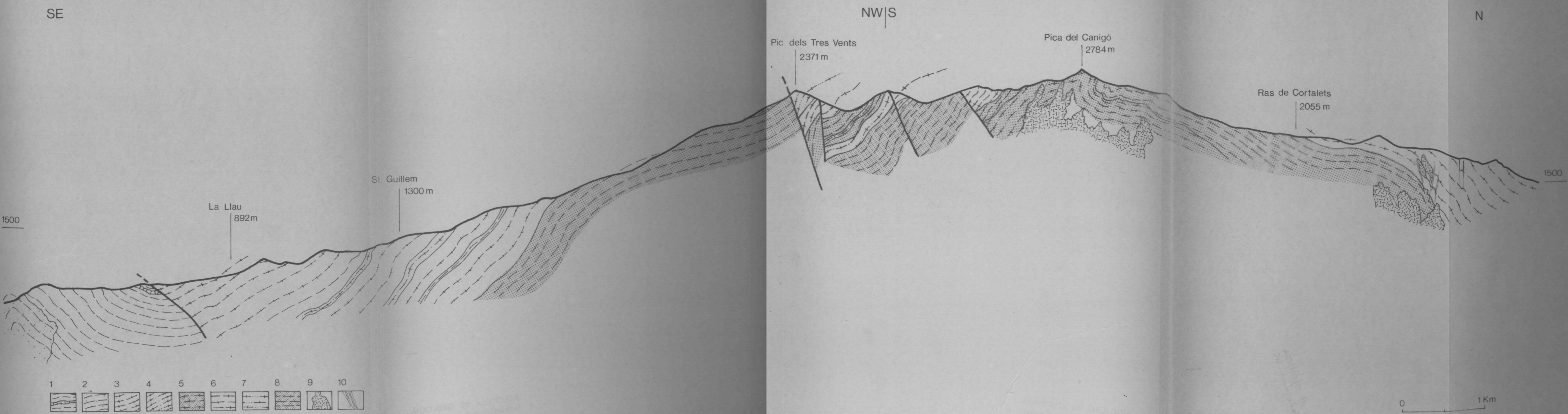


Fig. 35 Tall N-S del sector central meridional del massís del Canigó, entre el Roc Mosquit i la Llau (situació a la fig. 9). Llegenda, 1: materials de la cobertura, 2: corneanes, 3: gneiss ocellars (G-2), 4: gneiss leptínics, 5: gneiss de Casemí, 6: gneiss biotítics-moscovítics (G1), 7: gneiss biotítics (G-3), 8: micasquistos de Balais, 9: leucocrats (G-1) (situació a la fig. 9), 10: esquistosita milonítica.

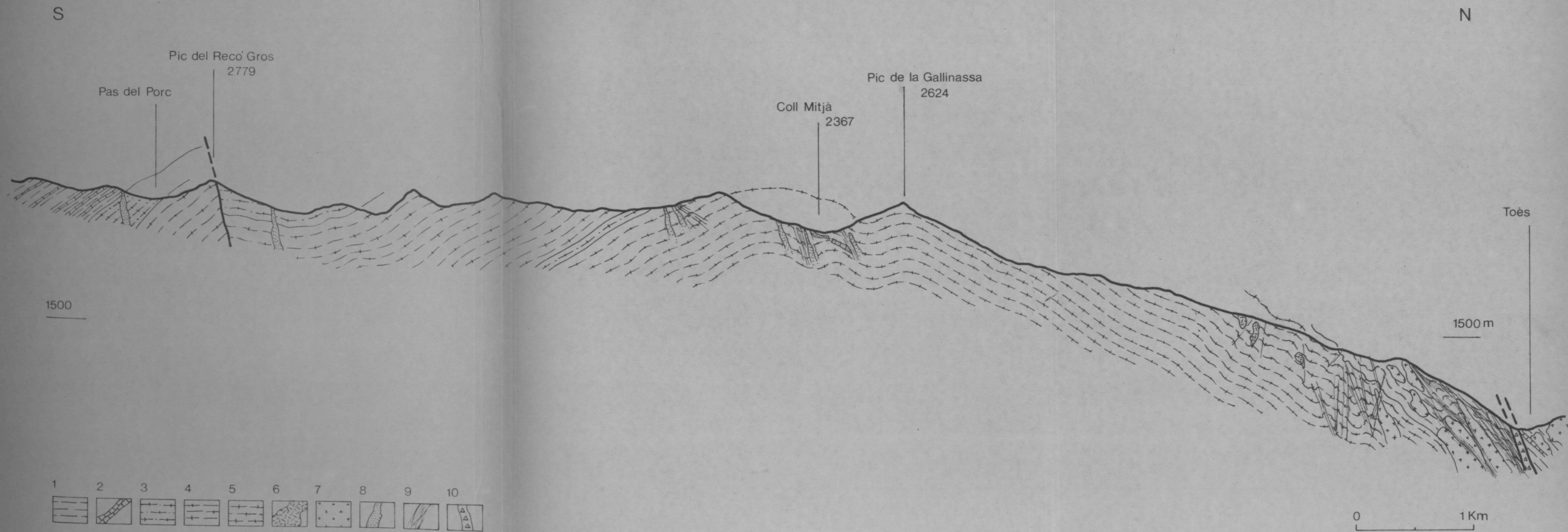


Fig. 36 Tall a través del massís de Carançà, entre Toès i el Pas del Porc (situació a la fig. 9). Llegendes. 1: esquistos de la cobertura, 2: marbres, 3: gneiss leptínics, 4: gneiss biotítics-moscovítics (G-1), 5: gneiss ocellars (G-2), 6: leucogranit (Granit Profund del Canigó), 7: granit de Mont-Lluís, 8: filons de quars, 9: esquistositat milonítica, 10:

S

N

Pic de Bastiments

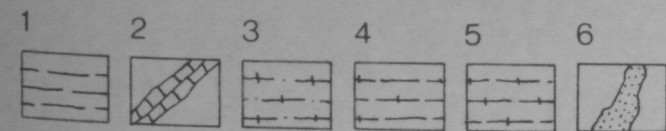
2881

2845

2694

2500

2500 m



0 1Km

Fig. 37 Tall dels voltants del Pic de Bastiments-Pic de Prats de Bassibés.(situació de la fig. 9). Llegendari: 1: esquistos de la cobertora, 2: marbres, 3: gneis leptínics, 4: gneiss biotítics-moscovítics (G-1), 5: gneiss oscel.lars (G-2), 6: filons de quars.