

## ANÀLISI GEOMÈTRICA DEL DIACLASAT DE LES GUILLERIES EN EL SECTOR DE LA VALL DEL TER ENTRE ELS EMBASSAMENTS DEL PASTERAL I DE SUSQUEDA (GIRONA)

L. Capellà, L. Pallí i C. Roqué

Àrea de Geodinàmica. Dept. de Ciències Ambientals. Universitat de Girona. Campus de Montilivi. 17071 Girona.

---

### RESUM

L'àrea de les Guilleries es troba a l'extrem septentrional de la Serralada Prelitoral Catalana i està formada per roques metamòrfiques i ígnies d'edat paleozoica. Posteriorment a les fases del plegament hercinià, aquesta àrea va quedar afectada per una fracturació important, la qual es manifesta principalment per la injecció de nombrosos diques de pórfirs i per un diaclasat intens. La disposició dels diques indica que el seu emplaçament està lligat a una extensió en la direcció SE-NO, la qual, en els nivells estudiats, ha estat quantificada en un 40% de mitjana. Aquesta extensió sembla que continua el posterior desenvolupament de la família de diaclasis més important, la de direcció NE-SO. La tectònica fràgil continua amb la formació de cinc famílies més, una adopta poca inclinació i quatre es disposen prop de la vertical; aquestes últimes s'orienten respectivament segons les direccions SE-NO, ENE-OSO, ESE-ONO i N-S. Totes les famílies apareixen desenvolupades tant en els materials de la sèrie paleozoica com en els cossos ígnis hercínians. Les famílies NE-SO, SE-NO i la de poca inclinació són probablement tardihercínians, mentre que la resta serien posteriors i no vinculades al cicle hercinià.

### RESUMEN

Les Guilleries son una pequeña área montañosa formada por rocas metamórficas e ígneas de edad paleozoica que se halla en el extremo noroccidental de las Cadenas Costero Catalanas. Dicha área fue afectada por una fracturación importante con posterioridad a las fases del plegamiento hercínico. Ésta se manifiesta principalmente por la inyección de numerosos diques de pórfido y por un diaclasado intenso. El emplazamiento de los diques está relacionado con una extensión en la dirección SE-NO, cuyo valor, para los niveles analizados, es por término medio del 40%. Tal extensión parece continuar con el desarrollo de la principal familia de diaclasas, la de dirección NE-SO, aunque ahora sin ninguna manifestación de tipo ígneo. La tectónica frágil sigue con la formación de cinco familias más, una ligeramente tendida y cuatro con disposiciones cercanas a la vertical; estas últimas siguen respectivamente las direcciones SE-NO, ENE-OSO, ESE-ONO y N-S. Todas estas diaclasas aparecen desarrolladas tanto en los materiales de la serie paleozoica como en los cuerpos ígneos hercínicos. Las diaclasas de las familias NE-SO y SE-NO y las de buzamiento escaso o moderado son probablemente tardihercínicas, mientras que las demás serían posteriores y no vinculadas al ciclo hercínico.

### ABSTRACT

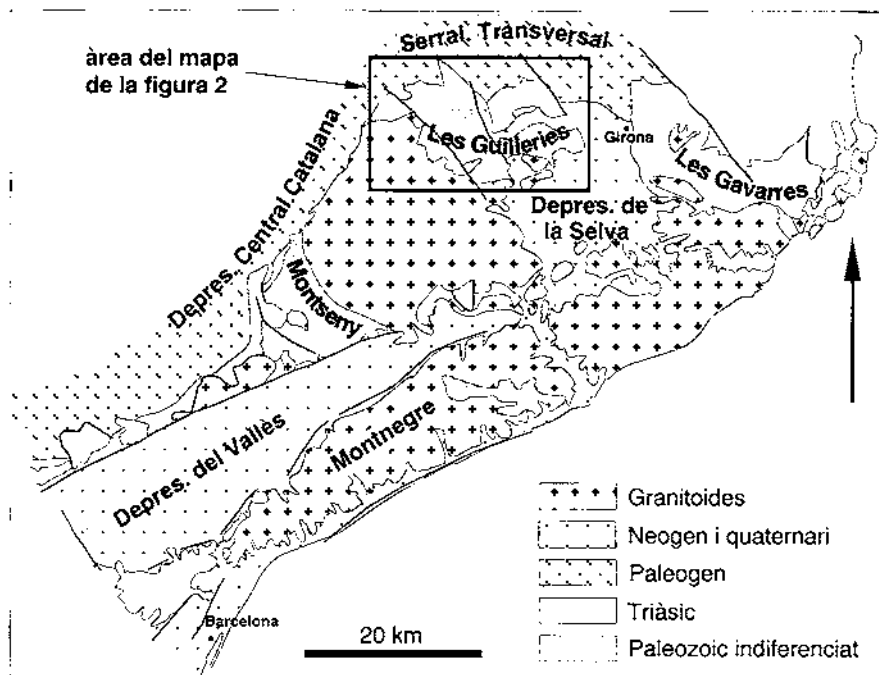
The Guilleries are a small and mountainous area located in the north-western part of the Catalanian Coastal Ranges where metamorphic and igneous Paleozoic rocks are exposed. After the main Hercynian folding this area was affected by a brittle deformation that is mainly manifested by the intrusion of a very large number of dykes of granodiorite and the development of a complex joint system. Trends of dykes indicate that their intrusion was related to a SE-NW extension, whose estimated value is 40% on an average. This extension seems to stand, although without any associated igneous event, with the development of NE-SW directed joints which make the main set. Five families more were developed later, one gently-dipping and four upright; the latter trending roughly SE-NW, ENE-WSW, ESE-WNW and N-S. All the joint sets appear in the metasedimentary Paleozoic rocks and in the Hercynian intrusive bodies. Concerning the ages, joints that belong to the NE-SW and SE-NW directed sets and also those slightly dipping have been attributed to the late-Hercynian times and all the other are considered to be later.

**Keywords:** brittle tectonics, Catalanian Coastal Ranges, Hercynian, joint sets, Paleozoic rocks, the Guilleries.

---

## INTRODUCCIÓ

Les Guilleries són una àrea muntanyosa que es troba a la part més septentrional de la Serralada Prelitoral Catalana. Estan limitades al nord i a l'oest pel paleogen de la Serralada Transversal i de la Depressió Central Catalana, respectivament, i a l'est, pels materials d'edat neògena de la depressió de la Selva. Al sud, limiten amb els granitoides tardihercinians del Montseny-Guilleries (fig. 1). A l'àrea de les Guilleries afloren roques metamòrfiques i ígnies d'edat paleozoica. Les primeres deriven de roques de la sèrie estratigràfica afectades per l'orogènia herciniana, mentre que les segones són majoritàriament granitoides intruïts en els temps tardihercinians.



**Figura 1.** Situació de les Guilleries en el context de les serralades costaneres catalanes (adaptat de Julivert i Duran, 1990). La trama corresponent al paleozoic indiferenciat representa únicament els materials de la sèrie estratigràfica, mentre que els plutons hercinians apareixen indicats amb la trama dels granitoides.

L'orogènia herciniana ha desenvolupat diverses estructures de deformació dúctil en les roques de la sèrie paleozoica i en algunes de les roques intruïdes. La successió temporal i la caracterització d'aquestes estructures són conegudes i es presenten en els treballs de Sijp (1951), IGME (1983) i Duran (1985 i 1990), com a més importants. D'altra banda, amb posterioritat a les estructures de deformació dúctil, té lloc una fracturació que afecta la quasi totalitat dels materials del massís.

Es manifesta per algunes falles que compartimenten el massís, però sobretot per la intrusió de nombrosos dics de porfir i per un diaclasat intens. Aquestes deformacions fràgils, en especial les diàclasis, han estat descrites únicament en els treballs abans esmentats i en altres de caire general. Només Sijp (1951) les ha caracteritzades mínimament per a grans zones dins de l'àrea del Montseny-Guilleries. En aquest sentit, l'estudi del diaclasat que s'ha portat a terme a la vall del Ter, entre els embassaments del Pasteral i de Susqueda (fig. 2), dins la meitat nord de les Guilleries, és una contribució a l'escassa caracterització, fins al moment, de les estructures fràgils de l'àrea.

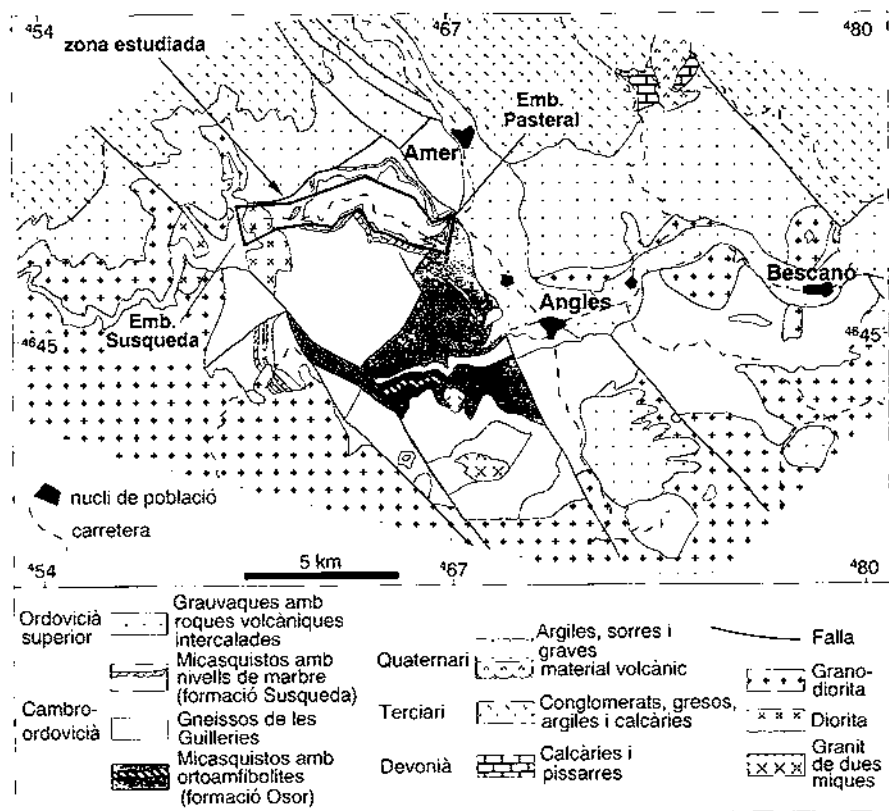


Figura 2. Mapa geològic de les Guilleries basat en Duran (1990) amb indicació de l'àrea d'estudi.

## LITOLOGIA

En el tram estudiat de la vall del Ter afloren materials de la sèrie paleozoica preherciniana i roques ígnies hercíniques i tardihercinianes (fig. 2). Els nivells més baixos de la sèrie corresponen a micasquistos en què intercalen diverses capes de quarzita i

de marbre d'uns 5 m de potència màxima. Aquests materials formen part de la formació Osor (Duran, 1985) i només afloren en el sector del Pasteral. Per sobre, i interstratificat dins la sèrie, es troba un potent nivell de gneis leptinítics ortoderivats. Són els anomenats gneis de les Guilleries, que afloren extensament entre els embassaments del Pasteral i Susqueda. Els gneis estan limitats superiorment per un potent paquet de micasquistos, prop de la base del qual hi ha intercalat un nivell de marbre de 15 a 20 m de gruix. Aquest segon tram de micasquistos forma part de la formació Susqueda (Duran, 1985) i aflora en les proximitats de l'embassament del mateix nom. Tots aquests materials han estat assignats clàssicament al cambroordovicà d'acord amb la seva correlació amb les sèries de Canavelles i de Jujols definides per Cavet (1957) al Pirineu oriental. Tots els materials descrits han estat afectats per un metamorfisme regional hercinià que ha assolit la fàcies amfibolítica d'alt grau (Duran, 1990).

Les roques ígnies aflorants a la zona són, en el mateix ordre en què es van intruir, les següents: (i) les pegmatites, (ii) la diorita de Susqueda, (iii) els pòrfirs, generalment de composició granodiorítica, i (iv) els dics de composició bàsica. Les pegmatites es presenten en filons de potència mètrica intruïts en els micasquistos, i a vegades apareixen clarament deformades i desenvolupen foliació. La diorita de Susqueda forma un cos d'extensió quilomètrica emplaçat en el nivell superior de micasquistos. Presenta una deformació penetrativa poc estesa, i per la banda oest es troba intruïda pels granitoides del Montseny-Guilleries. Els pòrfirs granodiorítics, molt nombrosos, apareixen en dics de potència mètrica a decamètrica i d'una longitud que sovint és superior al quilòmetre. Es troben intruïts tant en les roques de la sèrie com en les roques plutòniques, i quasi sempre disposats NE-SO. Els dics bàsics es presenten en forma de dics de potència inferior al metre i es troben encaixats en qualsevol dels cossos rocallosos descrits.

### LES DEFORMACIONS HERCINIANES

L'estructura de deformació més manifesta correspon a una foliació de caràcter regional que cabussa de feblement a moderadament cap al S-SO. Es troba desenvolupada en tots els materials de la sèrie preherciniana i també en algunes pegmatites, però s'hi mostra desigualment penetrativa. Segons Duran (1990), es tracta d'una *schistosity*, i en els micaesquistos es presenta sovint com la crenulació d'una foliació relict. També en aquests nivells, i associats a la foliació regional, s'observen alguns plecs comprimits de l'estratificació de mida decimètrica amb els eixos disposats en la direcció E-O. Localment es detecten ondulacions de la foliació regional que trenquen la seva disposició uniforme. Es tracta de plecs mètrics molt laxos amb eixos que s'orienten entorn de la direcció E-O i plans axials moderadament inclinats.

Les estructures esmentades permeten definir, per al sector estudiat, una successió de tres fases de deformació. En la primera es va originar una foliació de la qual, a causa de la transposició i cristallització posteriors, només s'observen relictos. Durant la segona es va desenvolupar la foliació regional, i al llarg de la tercera només es van generar plecs laxos de la fàbrica anterior.

## METODOLOGIA

La caracterització del diaclasat que es presenta s'ha basat principalment en les dades de camp. Per obtenir-les, l'àrea d'estudi s'ha estructurat en sis sectors, en cadascun dels quals s'han realitzat estacions de mesura per als diversos cossos rocallosos diferenciats litològicament. La informació agafada en les estacions ha fet referència a la disposició, l'espaiat i, estructures de superfície de les diàclasis, i a les relacions que mantenen entre si. D'aquesta manera ha estat possible fer un seguiment del diaclasat en l'espai, establir possibles relacions entre la litologia i el diaclasat i determinar l'edat relativa de les diàclasis.

Cal esmentar que les dades de disposició s'han pres en funció de la complexitat del diaclasat, segons el mètode selectiu o quantitatiu. El primer consisteix a identificar visualment les diàclasis més importants de cada família -entre 4 i 10 aproximadament- i mesurar-les. És un mètode ràpid aplicable preferentment on el diaclasat és prou senzill perquè les famílies diferents puguin ser reconegudes. En el segon mètode es tracta de mesurar tantes diàclasis com sigui possible -típicament entre 50 i 200-, sense observar-ne la mida ni el fet que siguin o no sistemàtiques. Un cop les mesures s'han projectat, les famílies més importants es posen de manifest. Aquest fet no és tan evident quan hi ha un nombre important de petites diàclasis no sistemàtiques. És per això que aquest mètode s'ha hagut de complementar sovint amb dades de longitud i de freqüència.

## CARACTERITZACIÓ GEOMÈTRICA DEL DIACLASAT

El sistema de diaclasat de la zona estudiada és a grans trets constant, tant pel que fa a la configuració com a la disposició. No es detecten diferències sistemàtiques entre els sis sectors diferenciats a la zona (fig. 3) ni tampoc en relació amb la litologia (fig. 4). Formen el sistema de diaclasat un total de sis famílies, la majoria de les quals amb un desenvolupament irregular que fa que en un mateix aflorament rarament se'n reconeixin més de quatre. Les diàclasis d'una de les famílies presenten poca inclinació, mentre que les de les cinc restants es disposen prop de la vertical. En general, les diàclasis de les diverses famílies no es poden qualificar de sistemàtiques en sentit estricte, ja que, tot i poder-se agrupar, no presenten una orientació del tot coincident ni una geometria perfectament planària, i a més el seu espaiat és irregular.

Dues de les famílies reconegudes són molt més importants que la resta, tant per les seves dimensions com pel seu desenvolupament extens i el seu caràcter més sistemàtic. Apareixen en tots els sectors i litologies, i en conseqüència són les responsables de la constància que presenta el diaclasat. Ambdues són properes a la vertical i s'alineen respectivament entorn les direccions 55-235 i 155-335; per tant, són quasi ortogonals. Aquestes diàclasis tenen una continuïtat en horitzontal d'ordre decamètric, si bé a vegades és inferior en les orientades SE-NO i superior en les dirigidges NE-SO.

La resta de famílies presenten un desenvolupament inferior al de les dues anteriors, i només una apareix en tots els sectors diferenciats. Correspon a la de les diàclasis de poca inclinació, que passen de cabussar cap al SE en els sectors 1, 2 i 3 a fer-ho cap al SO en els sectors 5 i 6. Les altres tres famílies són verticals i es

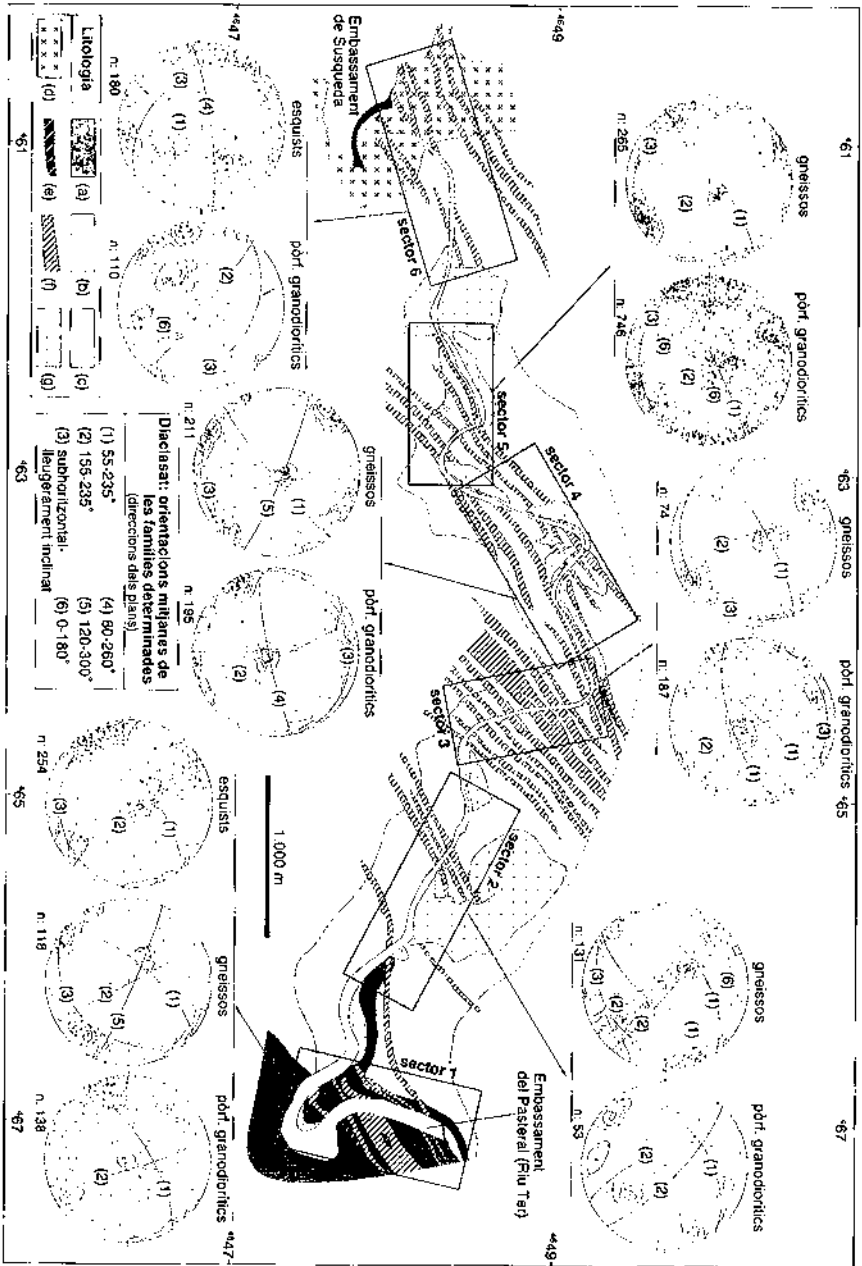
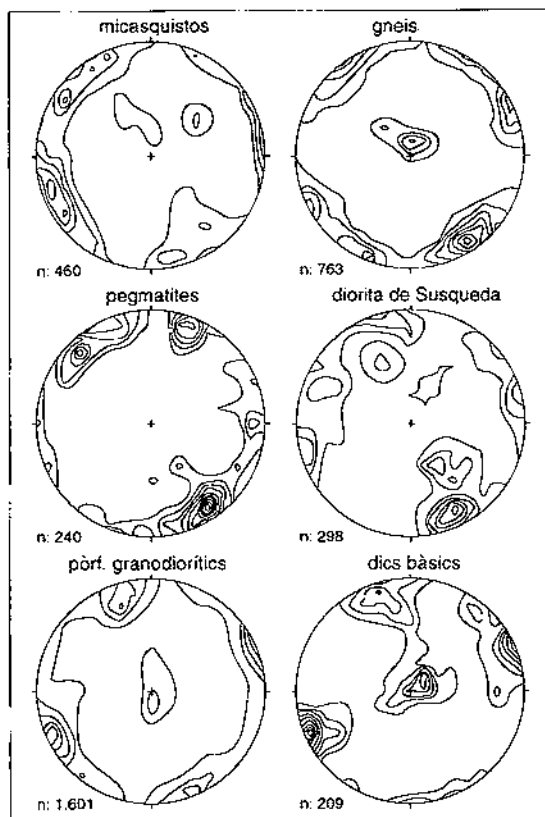


Figura 3. Esquema geològic de l'àrea estudiada amb projeccions equiareals (hemisferi inferior) de les diàclasis per a diferents conjunts rocallosos i sectors. Litologia: (a) micasquistos de la formació Osor, (b) gneis de les Guilleries, (c) micasquistos de la formació de Sant Joan de Vilatorrada, (d) gresos de la formació de Sant Joan de Vilatorrada, (e) gresos de la formació de Sant Joan de Vilatorrada.

tos de la formació Susqueda, (d) diorita de Susqueda, (e) pegmatites, (f) pòrfirs granodiorítics i (g) materials postpaleozoics. Per raons de format, únicament es mostra el diaclasat dels cossos litològics més representatius -els micasquistos, els gneis i els pòrfirs granodiorítics-. El diaclasat present en altres litologies es pot observar a la figura 4. Els contorns de densitat dels estereogrames corresponen al 2% i a successius intervals del 2% (2, 4, 6%..). n: correspon al nombre de dades projectades. El número donat a les famílies de diàclasis per a la seva identificació en els diagrames no és indicatiu de l'ordre de formació

disposen respectivament segons les direccions 80-260, 120-300 i 0-180. Aquestes només es troben mínimament desenvolupades en dos o tres sectors: les 80-260 en els sectors 4 i 6, les 120-300 en els sectors 1 i 4, i les 0-180 en els sectors 2, 5 i 6 (fig. 4). La continuïtat de totes aquestes estructures és en general d'ordre mètric.

A més de les englobades en famílies, hi ha un gran nombre de diàclasis d'escassa continuïtat i orientació que no intervenen en la configuració bàsica del diaclasat i que són difícilment agrupables.



*Figura 4. Projectió equiareal, hemisferi inferior, de les diàclasis presents en cadascun dels cossos litològics reconeguts. Els contorns de densitat corresponen a l'1% i a successius intervals de l'1% (1, 2, 3, 4%..). n: correspon al nombre de dades projectades. S'observa que el diaclasat per a les diferents litologies és a grans trets coincident, amb un predomini clar de les diàclasis d'orientació NE-SO i SE-NO. La projectió dels nombrosos pols no s'ha realitzat, ja que aquests dificultarien la visió dels contorns de densitat.*

En relació amb la freqüència d'aquestes fractures, és aproximadament del mateix ordre per a les diferents famílies, però sí que canvia en relació amb la litologia del cos rocallós afectat. Així, l'espaiat de les diàclasis en els pòrfirs granodiorítics és el més ample, entre 0,25 i 0,5 m de mitjana. En els esquistos és més estret, i encara més en els gneis, on és de 0,01 a 0,3 m. Aquesta diferència en l'espaiat sembla que està relacionada amb l'anisotropia prèvia del cos rocallós i amb la mida de gra. En aquest sentit, els pòrfirs granodiorítics són cossos d'ordre mètric a decamètric en potència, de gra relativament gros i sense deformacions prèvies. Els contactes d'aquests cossos amb l'encaixant poden haver actuat de manera semblant als plans d'estratificació, la distància entre els quals, la potència de l'estrat, sembla que es relaciona amb l'espaiat de les diàclasis (Price, 1966; Narr & Suppe, 1991). Això podria justificar la seva freqüència més baixa. D'altra banda, el gra fi i la foliació dels micasquistos i dels gneis motivarien el seu espaiat inferior.

En algunes de les diàclasis, presents principalment en els pòrfirs granodiorítics i en els lampròfirs, s'han observat estructures en ploma. Aquestes estructures indiquen un creixement que s'ha propagat quasi en horitzontal per a les diàclasis de la família dirigida 55-235. Per a la resta de famílies no es poden fer afirmacions contundents d'aquesta qüestió, ja que no es disposa d'un nombre important de dades. Malgrat tot, les poques estructures detectades indiquen una obertura, en horitzontal per a les diàclasis de direcció 155-335 i en vertical per a les orientades E-O.

### EVOLUCIÓ DE LA DEFORMACIÓ FRÀGIL

Amb posterioritat a les deformacions dúctils hercinianes, la zona queda afectada per un seguit de fractures NE-SO a ENE-OSO associades a una important extensió en la direcció SE-NO. Aquesta extensió, calculada en un 40% de mitjana ( $e = 0,4$ ), però que en alguns sectors assoleix un 125%, permeté la intrusió de nombrosos pòrfirs, la potència sumada dels quals en l'àrea estudiada és de 1.164 m. Després de l'emplaçament i la consolidació dels filons esmentats es reproduïx una extensió segons la mateixa direcció, si bé de caire local (sector de l'embassament del Pasteral) i magnitud molt inferior, de l'ordre del 17% ( $e = 0,17$ ). Aquest estirament genera de nou fractures NE-SO a ENE-OSO, que possibiliten ara la intrusió dels dics bàsics. Aquests darrers cossos coincideixen amb els anteriors tant pel que fa a la seva direcció (fig. 5) com en l'emplaçament, ja que ambdós es troben encaixats tant dins la sèrie com en els plutons, i en el cas dels darrers es troben sovint emplaçats dins els pòrfirs granodiorítics. Cal esmentar que el nombre de dics injectats a les parts més enlairades de la vall és molt inferior als del fons, fet que implica que l'extensió en els nivells superiors de la sèrie ha estat inferior a la calculada.

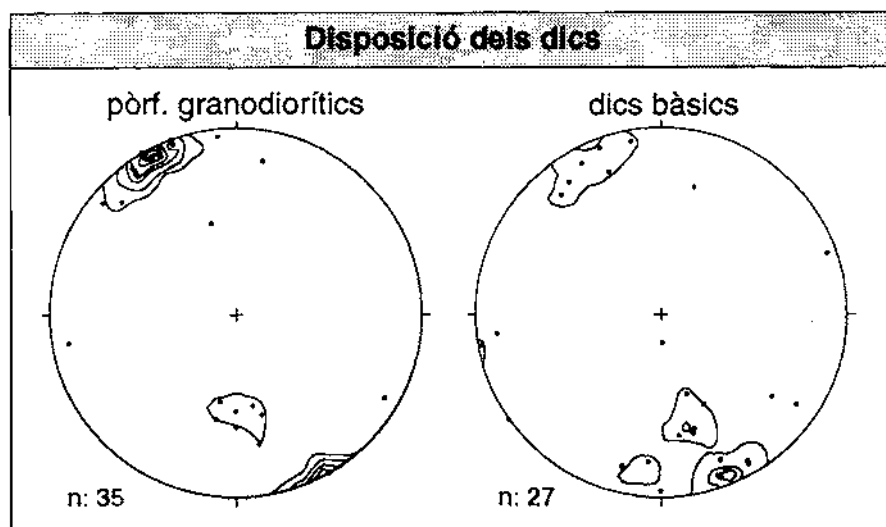
Després d'aquest episodi distensiu acompanyat d'activitat magmàtica, la deformació fràgil es manifesta pel desenvolupament del diaclasat descrit. En primer terme, es formen dues famílies de diàclasis subverticals de direccions 55-235 i 155-335. Aquestes dues famílies són molt persistents, sobretot la primera, fet que podria indicar la continuïtat de l'extensió en la direcció SE-NO, però ara sense anar acompanyat



yada d'activitat ígnia. Més endavant s'originaren les altres quatre famílies: una de disposició poc inclinada i, més tard i amb un desenvolupament espacial limitat, les tres restants de diàclasis verticals.

L'edat de formació de les diferents diàclasis no es pot precisar, però sí que s'hi poden fer algunes consideracions. D'una banda, les diàclasis de les diverses famílies afecten els pòrfirs, fet que implica que el seu desenvolupament és tardihercinià o posterior, atesa l'edat tardana de la injecció d'aquests cossos. D'altra banda, si les diàclasis de poca inclinació s'interpreten com a generades per la descompressió associada a l'arrasament del relleu hercinià, llavors les famílies anteriors (55-235, 155-335) a aquestes fractures serien tardihercínianes, mentre que la resta serien posteriors i probablement deslligades del cicle hercinià.

A més de les estructures de deformació fràgil esmentades, el massís ha quedat afectat per dues famílies de falles. Una primera de direcció NE-SO i anterior possiblement, segons Duran (1985), a la intrusió dels pòrfirs, i una dirigida SE-NO que afecta fins i tot els materials terciaris de la Serralada Transversal.



**Figura 5.** *Projecció equiareal, hemisferi inferior, dels contactes entre els pòrfirs granodiorítics i els dics bàsics amb l'encaixant. En ambdós casos s'observa que els dics són verticals i es disposen segons la direcció NE-SO. Els contorns de densitat corresponen al 4, 10, 14, 18, 22 i 26%. n: correspon al nombre de dades projectades.*

## AGRAÏMENTS

Aquest treball s'ha realitzat mitjançant una beca postdoctoral concedida per la CIRIT al primer dels autors (I.C). També es vol expressar el reconeixement a M.L. Arboleya per la seva col.laboració i assessorament durant la campanya de camp.

**Bibliografia**

- CAVET, P. 1957. Le Paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées orientales françaises entre le Roussillon et l'Andorre. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 254 (55): 303-518.
- DURAN, H. 1985. *El Paleozoico de Les Guilleries*. Tesi doctoral. Univ. Autòn. Barcelona (inèdit)
- DURAN, H. 1990. El Paleozoico de Les Guilleries. *Acta Geol. Hispànica*, 25 (1/2): 83-103.
- IGME, 1983. *Mapa geològic de Espanya E. 1:50.000. Hoja 333 (Sta. Coloma de Farners)*. Ministeri d'Indústria.
- JULIVERT, M. i DURAN, H. 1990. The Hercynian structure of the Catalonian Coastal Ranges (NE Spain). *Acta Geol. Hispànica*, 25 (1/2): 13-21.
- NARR, W. and SUPPE, J. 1991. Joint spacing in sedimentary rocks. *Journal of Structural Geology*, 13 (9): 1037-1048.
- PRICE, N.J. 1966. *Fault and joint development in brittle and semibrittle rocks*. Pergamon Press, Oxford.
- SJIP, J.W.C.M. VAN DER 1951. *Petrography and geology of Montseny-Guilleries (NE Spain)*. Tesi doctoral. Univ. Utrecht.