

El vulcanisme bàsic del Carbonífer inferior de la serra de Miramar

Joan-Carles, MELGAREJO ⁽¹⁾ y Joan MARTÍ ⁽²⁾

(1) Dept. Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals. Universitat de Barcelona.

(2) Institut Jaume Almera del C.S.I.C. C. Martí i Franquès, s.n., 08028 Barcelona.

RESUM

El Carbonífer Inferior de la Serra de Miramar conté manifestacions de roques volcàniques. L'ur caracterització petrogràfica permet la seva classificació com a laves i diabases subvolcàniques; l'estudi geoquímic palesa la seva afinitat alcalina.

Paraules clau: Espilita. Basalt alcalí. Intraplaca. Geoquímica. Carbonífer.

ABSTRACT

The Lower Carboniferous of the Serra de Miramar contains outcrops of volcanic rocks. Their petrographic characterization allow to classificate them as subvolcanic lavas and diabases; they can be considered as of alkaline affinity from geochemical point of view.

Key words: Spilite. Alkali basalt. Intraplate. Geochemistry. Carboniferous.

INTRODUCCIÓ

La presència de vulcanites en les seqüències inferiors de la sèrie carbonífera dels Catalànids ha estat citada amb anterioritat en diversos treballs de síntesi del Carbonífer dels Catalànids (Anadón *et al.*, 1983), essent l'objectiu d'aquest treball la caracterització d'aquest vulcanisme i del seu marc geodinàmic.

Els materials paleozoics del sector S dels Catalànids no han sofert significatius efectes de metamorfisme regional, i sols en les aurèoles de contacte de granitoides tardihercinians els materials han sofert canvis mineralògics importants, el que possibilita en

amplis sectors l'estudi detallat del vulcanisme. Les manifestacions volcàniques més representatives del Carbonífer Inferior es situen a la serra de Miramar, al W del poble de Figuerola (fig. 1), per bé que alguns alforaments menors apareixen al Baix Camp (E de L'Argentera, dins l'aurèola metamòrfica).

A la Serra de Miramar els afloraments carbonífers ocupen una estreta franja paral·lela a l'eix de la serra. La sèrie carbonífera jeu discordantment en aquest sector sobre pel·lites silurianes, i consta ací de base a sostre dels següents materials (Melgarejo, 1987, fig. 2):

Unitat de Figuerola (Tournaisià Superior?):

– 3 m de calcàries bretxoids heteromètriques (amb clastes de mida des de centimètrica a mètrica predominantment de micrita gris d'edat ludlowiana, pero també de chert i nòduls fosfatats retreballats) i matriu també carbonatada. A sostre es pot presentar 1 m de dolomites llaminades.

– 10 m de pissarres gris-verdoses, fosques, amb fines intercalacions de sòrres de gra molt fi amb color més clar. Intercalen nòduls fosfatats que poden estar enriquits en certs nivells decimètrics; llur diàmetre és variable, entre 1 i 20 cm, podent arribar als 40 cm.

– 50 m de laves espilitiques densament vaquolares, amb estructures tipus "pillow". Hi ha esporàdiques intercalacions pelítiques semblants a les del tram anterior.

Unitat de Miramar (Viseà-Namurià?):

Jeu de forma discordant sobre els materials anteriors i consta de base a sostre de:

- 3 m de gresos de gra mitjà;
- 5 m d'alternances centimètriques de pissarres i gresos; a sostre presenten petites passades centimètriques de micrites grises;
- 1-5 m de micrites grises disposades en nivells centimètrics, que han subministrat *Gnathodus* sp i *Hindeodella* sp, el que permet assegurar-ne l'edat carbonífera però sense poder precisar més.
- 3 m d'alternances mil·limètriques de pissarres i gresos de gra fi;

- 2 m de gresos de gra mig,

- 5 m d'alternances mil·limètriques de pissarres i gresos en nivellats mil·limètrics;

- 30 m d'un gram groller amb conglomerats heteromètrics, poligènics i poc rodats a la base, i en els que destaquen grans blocs de dimensions fins a mètriques de micrites grises ludlowianes. Cap al sostre s'observa granoclassificació;

- 25 m, parcialment coberts, d'alternances centimètriques de pissarres i gresos de gra fi amb laminationes encreuades.

Més a l'oest, s'incrementa el caràcter detrític de la sèrie en detriment de la proporció de calcàries i es troben petites intercalacions olistostròmiques de lidi-

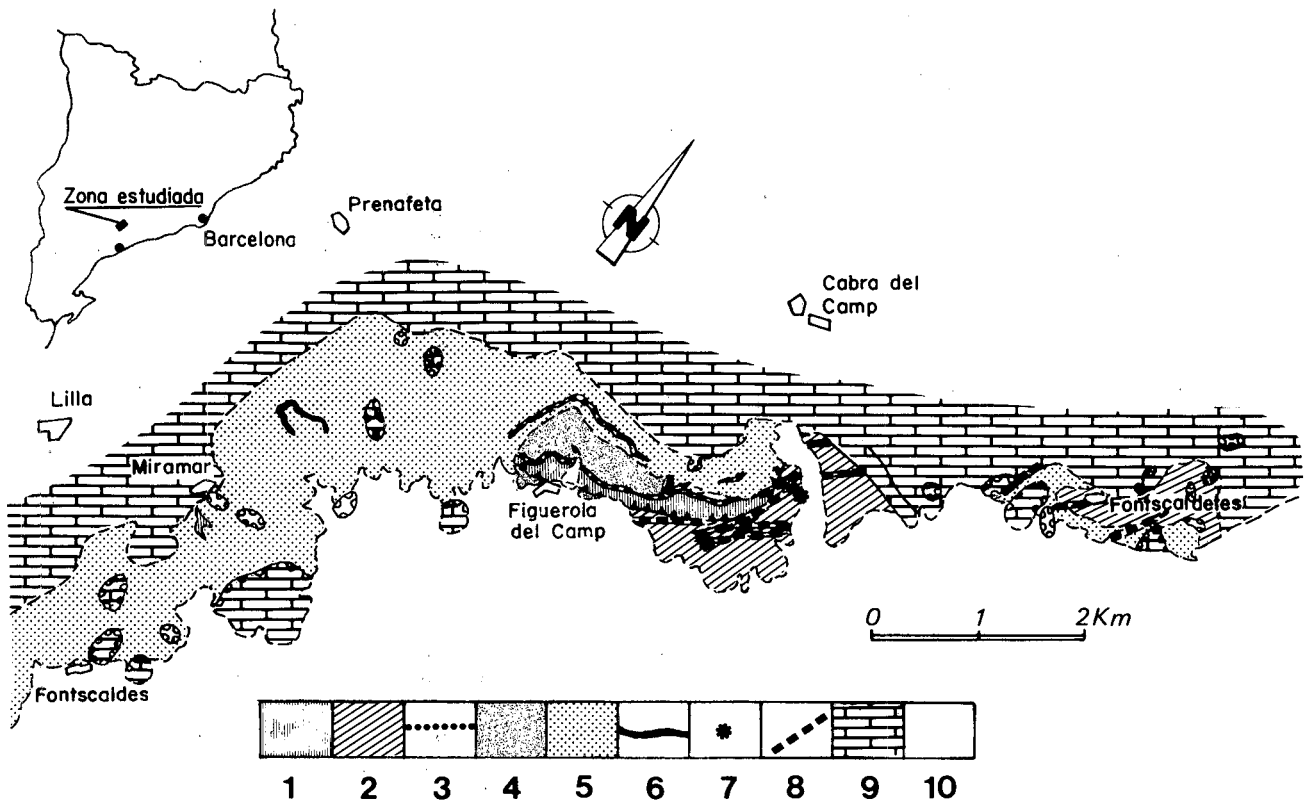
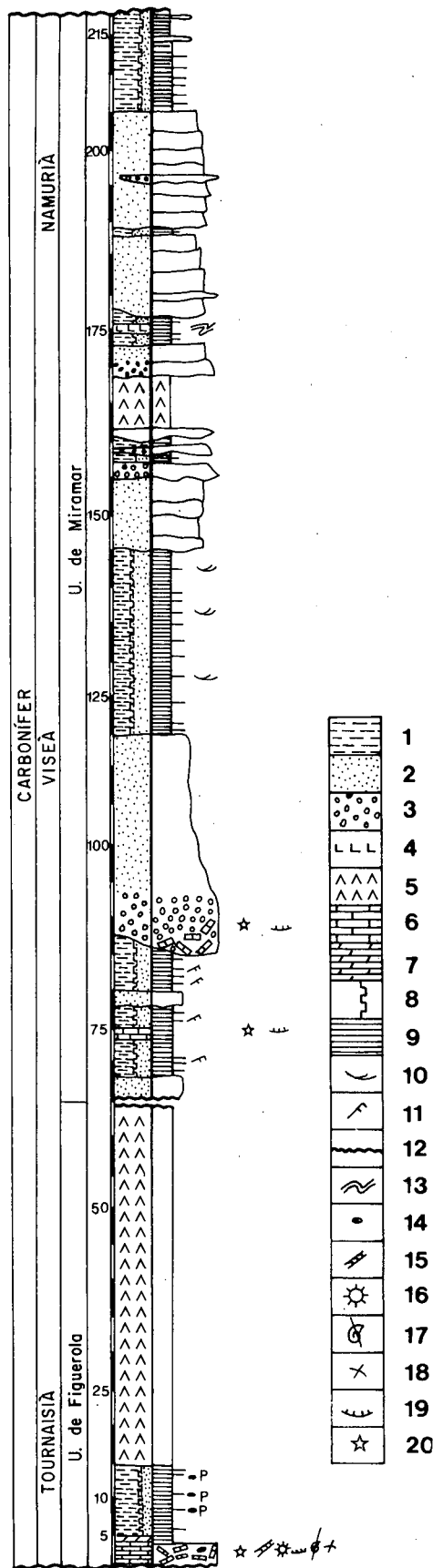


Figura 1.- Geologia dels materials paleozoics del sector central de la serra de Miramar. 1) Ampelites i pissarres jarosítiques (Silurià); 2) Pissarres negres, quarsites, margues i lidites (Devonià). Carbonífer: 3) Calcàries i bretxes carbonatades; 4) Laves; 5) Gresos, conglomerats, pissarres; 6) Espilites; 7) Diabases. 8) Pòrfirs granítics. 9) Mesozoic. 10) Cenoic.

Figure 1.- Geology of the Paleozoic from the Serra de Miramar: 1) Black shales and jarosite-rich shales (Silurian); 2) Black shales, quartzites, marls and cherts (Devonian). Carboniferous: 3) Limestones and carbonate breccias; 4) Lavas; 5) Sandstones, conglomerates, shales; 6) Spilites; 7) Dyabases; 8) Porphyritic granite. 9) Mesozoic. 10) Cenozoic.



tes i fins i tot alguns nivells de tufs i laves bàsiques (en paquets d'ordre mètric), molt similars als del paquet inferior, però amb caràcter molt menys vaquolar.

Vora el congost de Prenafeta, per sobre del darrer nivell pissarrenc, hom reconeix nivells sorrencs potents, amb passades de conglomerats rics en quars, formant el conjunt un paquet de 60 m de potència. Sobre ells afloren 20 m semicoberts de turbidites T_{c-e} amb relació sorra/lutita inferior a 1 i gruix del terme sorrenc entre 10 i 25 cm. Sobre el conjunt anterior reposen discordants els materials triàsics en fàcies Buntsandstein.

TIPUS PETROLÒGICS

Ateses les característiques d'aflorament i les texturals, hom pot diferenciar laves i diabases. Les primeres són les que configuren la major part dels afloraments de l'àrea, mentre que les roques subvolcàniques representen una minsa extensió (dos petits afloraments a l'est de Figuerola).

Laves espilítiques

Mineralogia

La composició mineralògica de les roques volcàniques estudiades és relativament simple, com a resultat dels processos post-magmàtics d'alteració. Domina una paragènesi de baixa temperatura formada per clorita, albïta i calcita.

— clorita: la seva formació pot atribuir-se a la descomposició de minerals ferromagnesià primaris, probablement piroxens o olivines. Apareix bé en posició intersticial entre l'entrenament de cristalls d'albïta, en forma de fins cristalls tabulars, bé com a producte de rebliment de porositat de la roca (vaquoles i esquerdes tardanes). És freqüent que el reompliment d'una mateixa cavitat contempli el desenvolupament de

Figura 2.- Columna estratigràfica sintètica dels materials carbonífers del sector central de la Serra de Miramar. Llegendà: 1) Pel.lites; 2) Gresos; 3) Conglomerats; 4) Lidites; 5) Laves; 6) Calcàries; 7) Dolomies; 8) Alternances centimètriques; 9) Laminació planar; 10) Laminació encreuada; 11) Ripples; 12) Discordança; 13) Slumps; 14) Nòduls fosfatats; 15) Cefalòpodes; 16) Radiolaris; 17) Fragments de gasteròpodes; 18) Fragments de bivalvs; 19) Conodonts; 20) Crinoideus.

Figure 2.- Stratigraphic profile of the Carboniferous from central sector of Serra de Miramar. Symbols: 1) Shales; 2) Sandstones; 3) Conglomerates; 4) Chert; 5) Lavas; 6) Limestones; 7) Dolostones; 8) Centimeter-thick alternance; 9) Plate lamination; 10) Cross bedding; 11) Ripples; 12) Unconformity; 13) Slumps; 14) Phosphate nodules; 15) Cephalopodes; 16) Radiolaria; 17) Gasteropoda fragments; 18) Bivalva fragments; 19) Conodonts; 20) Crinoidea.

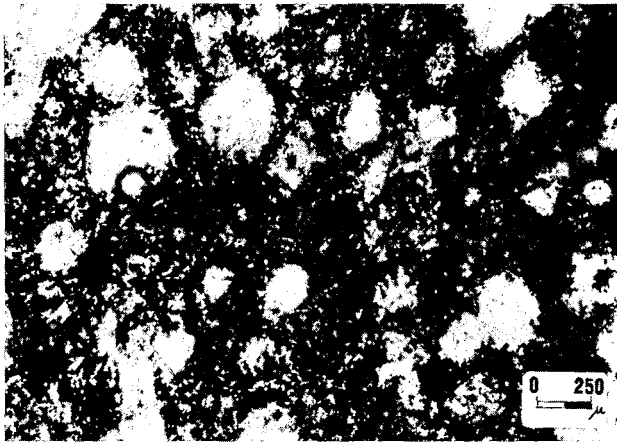


Figura 3.- Aspecte al microscopi de llum transmesa de les espilites de Figuerola: cristalls d'albita amb textures "quenching". A remarcar la densitat de vaquoles reblertes per calcita.

Figure 3.- Microscopical aspect of Figuerola spilitic: albite crystals with quenching textures. Note the density of amygdales filled with calcite.

bandes successives de clorites de composicions diverses, per bé que sembla un fenomen generalitzat l'enriquiment en Fe a les clorites més tardanes.

– albita: forma cristalls microlítics, amb hàbitus prismàtic tabular. La tendència d'aquests cristalls és hipidiomòrfica. Es presenta relativament fresca, per bé que en alguns nuclis poden aparèixer alterats a calcita. Més rarament pot aparèixer reomplentant vaquoles. Prové d'alteració pseudomòrfica de plagiòclasi original.

– calcita: apareix essencialment com a material de rebliment de porositat, en especial vaquoles, en grans al·lotriomòrfics que constitueixen un ciment "blocky", o pseudomorfitzant feldspats originals.

– siderita: de característiques morfològiques molt similars a l'anterior, ocupa també idèntica posició a la roca. Es diferencia per presentar tonalitats més fosques i alteracions comuns a òxids de Fe.

– quars: presenta indicis significatius d'ésser secundari: es troba en grans al·lotriomòrfics entre juntes de cristalls de plagiòclasi o clorita i no és rar com a ciment de cavitats vaquolars, ja sia com a ciment "blocky" o, més comunament, com a calcedònia en agregats de cristalls aciculars esferulítics.

– ilmenita: és el mineral opac més abundant, forma cristalls amb hàbitus acicular o tabular, de mida gene-



Figura 4.- Creixement de coralls sobre fragments de laves espilítiques. W de Figuerola del Camp.

Figure 4.- Coral development upon spilitic lava blocks. W of Figuerola del Camp.

ralment molt fina (10-30 micres de llargada) però que en alguns casos pot assolir mida mil·limètrica. Es troben aïllats a la matriu clorítica de la roca o bé nucleats al voltant de cristalls d'albita. Són freqüents finíssimes exsolucions d'hematites.

– altres components: apareixen com a productes d'alteració, i la seva posició és restringida a rebliment de porositats pel·liculars. En són exemple diversos òxids de Fe i Mn. No hi ha indicis de pirita o d'altres sulfurs. Tampoc no s'ha pogut evidenciar a les laves de Miramar la presència de minerals metamòrfics tipològics (laumontita, pumpellitita, prehnita, clinzoisita, etc).

Textures:

Com a característiques texturals més remarcables cal esmentar la textura amigdal·lar d'una banda (fig. 3), i de l'altra la manca de fenocristalls. La presència local d'hialoclastites és un altre tret significatiu.

La mesòstasi de la roca ve estructurada per un entramat de micròlits d'albita (localment fluidals) amb òxids de Fe i Ti.

La probesa de fenocristalls en la majoria de les mostres indica que els magmes van assolir ràpidament la superfície, fet que dificultaria la diferenciació del magma mitjançant processos de cristallització fraccionada.

TAULA I.- Anàlisis químiques de les roques volcàniques carboníferes de la Serra de Miramar.

TABLE I.- Chemical analysis of carboniferous volcanic rocks from Serra de Miramar.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	P. foc	TOTAL
MI-10	51,51	16,15	2,41	14,88	3,18	0,18	1,06	4,41	0,46	0,55	5,95	100,74
MI-11	51,75	18,11	2,66	11,79	1,35	0,05	1,41	7,30	0,07	1,04	3,66	99,19
MI-17	40,42	12,91	1,85	8,16	3,08	0,12	14,59	0,36	5,13	0,53	12,86	100,01
MI-18	51,40	17,02	2,50	13,35	1,73	0,05	1,56	7,32	0,68	0,84	2,88	99,33
MI-20	53,10	16,87	2,24	11,93	1,56	0,04	1,33	6,22	2,22	0,90	2,59	98,99
MI-21	45,24	17,01	2,56	12,72	7,51	0,14	2,45	1,07	4,50	0,32	6,40	99,92
MI-41	56,36	15,29	2,37	11,77	2,31	0,07	1,36	4,49	0,39	0,77	4,48	99,65
MI-42	45,89	17,18	2,65	13,49	7,50	0,14	2,39	1,06	4,10	0,28	5,92	100,60
MI-45	50,54	13,22	1,84	5,23	1,73	0,17	9,55	1,47	6,35	0,45	8,50	99,05
MI-22	52,85	11,07	0,48	15,44	1,11	0,01	0,26	4,75	0,12	0,76	12,97	99,82
MI-21a	54,21	17,73	2,59	11,36	1,16	0,04	1,55	5,96	0,22	0,95	4,46	99,93
MI-23	47,66	14,77	2,88	13,48	4,91	0,14	5,58	0,23	2,72	0,46	6,73	99,58

D'altre banda, les textures esquelètiques que presenten aquestes roques indiquen que les laves es van refredar molt ràpidament en assolir la superfície. En aquestes condicions els nuclis cristal·lins que es formen, força abundants, poden créixer poc degut a la inhibició de processos de difusió ràpida d'elements, a conseqüència de l'augment sobtat de la viscositat del magma. Si es parteix d'un líquid de composició basàltica, en aquestes condicions fases com olivina, piroxens, plagiòclasi i alguns òxids de Fe-Ti tenen tendència a formar intercreixements de cristalls esquelètics.

D'altre banda, la presència abundant de vesícules (que en alguns cassos poden assolir el 80% del volum de la roca), així com la presència d'hialoclastites indiquen un emplaçament subaquàtic a una profunditat escassa. Aquesta interpretació és així mateix congruent amb les fàcies sedimentàries encaixants i amb el desenvolupament de colònies coral·lines sobre les laves (fig. 4).

Mineralogia

Els components majoritaris són semblants als de les laves corresponents, i les diferències mineralògiques, poc rellevants, es refereixen als minerals accessoris.

– plagiòclasi: pot presentar-se en cristalls hipidiomòrfics d'hàbitus prismàtic més curt que en el cas de les laves, i poden assolir mida mil·limètrica.

– clorita: desenvolupa cristalls tabulars disposats de forma radial. Es situa intersticial i és d'alteració. Existeixen també localment varietats fibros-radials (calcedònia).

– siderita: apareix en grans allotriomòrfics, en posició intersticial entre grans de plagiòclasi, als que pot reemplaçar parcialment o dins esquerdes. Pot estar pseudomorfitzada per òxids de Fe.

– ilmenita: els seus cristalls, llargament prismàtics, poden assolir mides mil·limètriques. Son abundants, però no tant com a les laves.

– rútil: és el mineral de Ti més abundant o exclusiu. Forma cristalls molt petits (30-50 micres) idiomòrfics, amb hàbitus prismàtic curt i color groc-marró, hom pot observar sovint les característiques macles en colze.

– apatita: és força abundant. Es presenta en cristalls amb tendència idiomòrfica, llargament aciculars, que poden assolir mides mil·limètriques, però quina elongació habitual és de l'ordre d'alguns centenars de micres.

- epidota: es presenta en posició intersticial als grans de plagiòclasi. Forma generalment cristalls al·lotriomòrfics de mida de gra molt fina íntimament associats a clorita. Localment apareixen, però, cristalls hipidiomòrfics de tendència prismàtica de mida de gra major que els anteriors. Bard (1985) destaca que l'aparició d'aquestes fases de baixa T poden ser degudes a un "autometamorfisme" contemporani de les últimes fases de cristallització de la roca en un ambient hipovolcànic.

Textura

El grau de cloritització avançada d'aquestes roques no permet d'establir amb certesa el tipus de textura ofítica (s.l.). Tanmateix, la posició dels minerals ferromagnesiàns primitius pot quedar perfilada per pseudomorfoosi parcial per opacs secundaris de mida de gra molt fina. Aquests opacs conformen petites agrupacions que dibuixen vagament els contorns dels cristalls que haurien ocupat una posició intersticial als de plagiòclasi. Assumirem, doncs, que podria correspondre a textures "intersertal" (Bard, 1985). Aquest mateix autor destaca que els intersticis sovint estan originalment ocupats per un vidre basàltic o per minerals secundaris de baixa T (epidota, clorites...), circumstància aquesta darrera que concorre en el nostre cas.

GEOQUÍMICA. CARACTERITZACIÓ DEL VULCANISME I DEL MARC GEODINÀMIC:

Per a la caracterització de les roques volcàniques s'ha realitzat la anàlisi dels elements majors, malgrat l'avançat estat d'alteració de la roca. A fi de subsanar aquest problema, s'ha complementat aquestes anàlisis amb les d'elements-traça rellevants (Nb, Zr, Y) considerats in mòbils durant els processos post-magmàtics (Pearce i Cann, 1973; Winchester i Floyd, 1976).

Elements majors

S'ha realitzat, mitjançant fluorescència de raig-X, la anàlisi de roca total d'una població representativa de mostres de les roques volcàniques, amb especial èmfasi a les laves. Els resultats (taula 1) descriuen un ampli ventall composicional, amb pèrdues al foc elevades i àmplies variacions en CaO, Na₂O, K₂O, MgO. Els continguts en Fe es mantenen amb valors alts i relativament constants. Es també remarcable la baixa proporció de SiO₂.

La projecció dels resultats en diagrames de classificació usuals no permet de perillar la tipologia de les roques, atesa la seva enorme dispersió, que pot ser atribuïda a l'alteració espilítica de les roques, que pot

TAULA II.- Distribució d'elements traça (Nb, Zr, Y) i TiO₂ en les roques volcàniques carboníferes de la zona estudiada.

TABLE II.- Distribution of trace elements (Nb, Zr, Y) and TiO₂ into carboniferous volcanic rocks from the studied zone.

	Nb (ppm)	Zr (ppm)	Y (ppm)	TiO ₂ (%)
MI-10	39	241	27	2,41
MI-11	46	281	35	2,66
MI-17	29	198	24	1,85
MI-18	43	251	31	2,5
MI-20	36	223	30	2,24
MI-21	41	248	20	2,56
MI-41	36	243	31	2,37
MI-42	21	159	19	1,52
MI-45	49	236	37	2,88
MI-22	19	173	54	1,68
MI-21a	38	237	19	2,65
MI-23	27	186	20	1,84

introduir variacions significatives en els continguts originals dels òxids.

Elements traces

Els resultats d'aquestes anàlisis es donen a la taula 2.

Relació Y/Nb. Pearce i Cann (1973) l'utilitzen com a diagrama previ per a discriminar el caràcter alcalí de les roques. En el nostre cas, la relació sistemàticament inferior a 1 assenyala que es tractaria de roques alcalines.

Relació Zr/TiO₂-Nb/Y (fig. 5): fou suggerit per Winchester i Floyd (1976) per a delimitar els camps de relació de roques volcàniques comuns. La major part de les anàlisis projecten en el camp dels basalts alcalins, per bé que s'observen petites desviacions cap el camp calcoalcalí. Notem, tanmateix, que la relació Zr/TiO₂ es manté gairebé constant per a la majoria de les mostres, mentre que la relació Nb/Y experimenta una notable variació (la major part de les anàlisis, d'acord a aquestes relacions, projecten sobre una línia recta). Creiem que aquest fet pot explicar-se per un aport de Y al sistema durant els processos d'alteració, el que implica disminució en la relació Nb/Y, i per tant desplaçament de les relacions cap el camp calcoalcalí. Cal tenir en compte que el Y pot trobar-se en l'estructura de la calcita, i que part de la calcita és indubtablement d'origen extern al sistema.

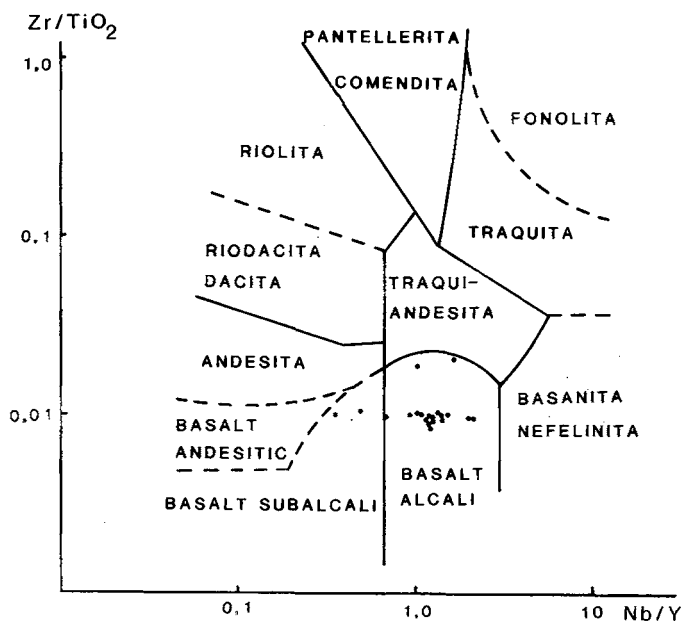


Figura 5.- Projecció de les anàlisis d'elements traça de les roques volcàniques del Carbonífer de l'àrea estudiada en el diagrama Zr/TiO₂-Nb/Y (Winchester i Floyd, 1976).

Figure 5.- Projection of analyses of trace elements from volcanic rocks of Carboniferous from studied area into the Zr/TiO₂-Nb/Y diagram (Winchester & Floyd, 1976).

Diagrama Ti/100-Zr-Y₃: Pearce i Cann (1973) utilitzen aquestes relacions per caracteritzar l'ambient geodinàmic. Les anàlisis de les roques volcàniques de la zona estudiada projecten en el camp dels basalts d'intraplaca oceànics o continentals (fig. 6).

CONCLUSIONS

Les dades geoquímiques aboguen pel caràcter basàltic alcalí d'intraplaca de les laves dels trams basals de la sèrie carbonífera. El règim distensiu que s'en dedueix s'adiu amb les dades sedimentològiques de que hom disposa (Melgarejo, 1987): sèries dipositades en una conca poc profunda (presència de laves amb hialoclastites, colonitzades per coralls) e inestable (cossos olistostròmics que poden arribar a remobilitzar el sócol, canvis de fàcies sobtats) que esdevé progressivament més profunda mitjançant subsidència causada per l'activitat de fractures sinsedimentà-

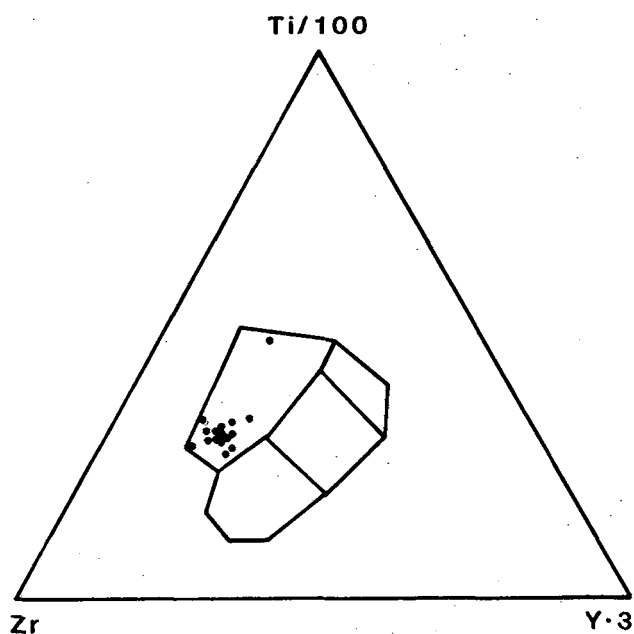


Figura 6.- Projecció de les anàlisis químiques de roques volcàniques del Carbonífer de l'àrea estudiada en el diagrama Ti/100-Zr-Yx3 de Pearce i Cann (1973).

Figure 6.- Projection of chemical analyses of Carboniferous volcanic rocks from studied area into the Ti/100-Zr-Yx3 Pearce & Cann (1973) diagram.

ries, responsables de la formació de discordances internes a la sedimentació carbonífera.

AGRAÏMENTS

Aquest treball s'ha realitzat amb financiació a càrrec d'un ajut a la investigació de la Universitat de Barcelona. Les anàlisis químiques es realitzaren al Servei d'Espectroscòpia de la Universitat de Barcelona. Els autors volen agrair l'ajut, al llarg del treball, de C. Ayora i R. Vaquer.

BIBLIOGRAFIA

ANADÓN, P., JULIVERT, M. y SÁEZ, A., 1983: El Carbonífero de las Cadenas Costeras Catalanas. In: Martínez Díaz, C. (coord.): *Carbonífero y Pérmico de España. X Congreso Internacional de Estratigrafía y Geología del Carbonífero*. Ministerio Industria y Energía. IGME. p. 329-336.

BARD, J.P., 1985: *Microtexturas de rocas magmáticas y metamórficas*. Ed. Mason. Barcelona. p. 181.

MELGAREJO, J.C., 1987: *Estudi Geològic i metal·logenètic del Paleozoic del Sud de les Serralades Costaneres Catalanes*. Tesis doctoral. Dept. Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits minerals. Universitat de Barcelona. (Inèdit).

PEARCE, S.A. y CANN, J.R., 1973: Tectonic setting of basic rocks determined using trace elements analysis. *Earth. Planetary Sci. letters*, 19: 290-300.

WINCHESTER, J.A. y FLOYD, P.A., 1976: Geochemical magma type discrimination: Application to altered and metamorphosed basic igneous rocks. *Earth Planetary Sci. letters*, 28: 459-469.

Recibido, julio 1988