

6. LES DOLOMIES I LES DESDOLOMIES DEL BARREMIÀ

Durant el Barremià (Cretaci inferior) els materials calcaris de la Fm. de les Artoles en el sector de la Cadena Costanera Catalana i localment també en alguns punts de la Zona d'Enllaç (zona d'Herbers, zona del Parrissal) van ser reemplaçats parcialment per dolomies. Aquestes dolomies han estat extensament estudiades al Massís de Garraf, concretament a la zona de l'Ordal.

6.1. SECTOR DE LA CADENA COSTANERA CATALANA

6.1.1. Massís de Garraf

El primer autor que va identificar les dolomies del Massís de Garraf fou Almera (1897). Posteriorment Esteban (1969) i en concret Esteban (1973) va descriure les dolomies del Barremià com a mosaics de cristalls subèdrics i euèdrics que reemplaçaven a fàcies calcàries grolleres, però no va proposar cap interpretació sobre el procés de dolomitització que havia originat aquestes dolomies.

En el Massís de Garraf, l'estratigrafia de les roques del Cretaci ha estat àmpliament estudiada (Esteban, 1973; Salas, 1987, Salas *et al.*, 2000). Salas (1987) va descriure les dolomies del Barremià al marge nord de la Conca del Maestrat (zona d'Herbers) i va interpretar el seu origen amb termes de reflux marí (*seepage reflux*) a partir del model proposat per Adams i Rhodes (1960).

El Massís de Garraf està situat a la part central de la Cadena Costanera Catalana (Figura 6.1) i paleogeogràficament correspon als últims dipòsits preservats de la gran conca intracratònica ibèrica d'edat mesozoica, localitzada a la part central de la Península Ibèrica.

El període extensional del Mesozic va acabar amb una emersió generalitzada degut als moviments compressius relacionats amb la deformació i inversió alpina. Posteriorment a aquestes deformacions, les processos de rift del Neogen inferior van començar a construir el que avui constitueix l'estructura de *horsts* i *grabens* alineats en direcció NE-SW de la Cadena Costanera Catalana (Figura 6.1).

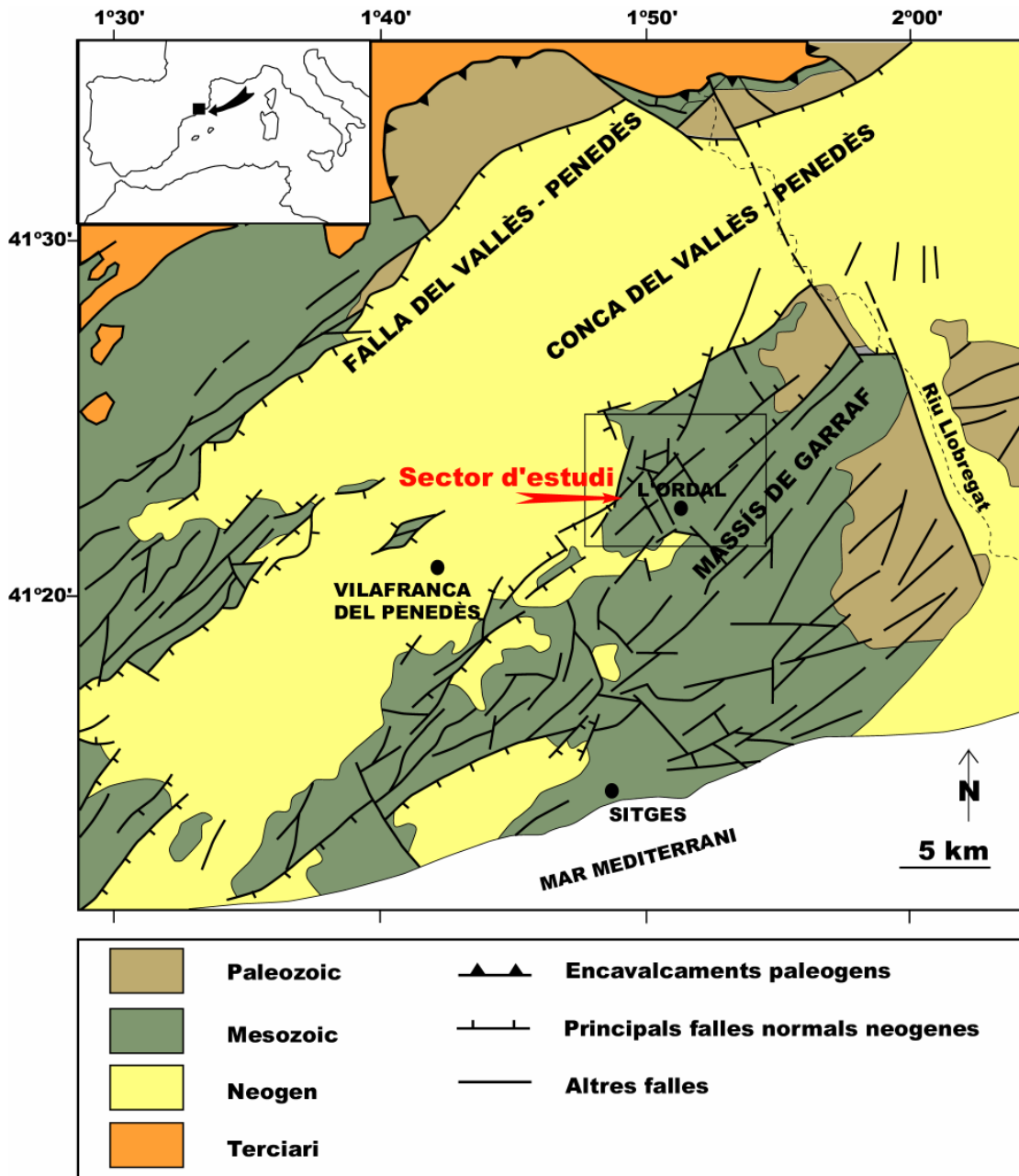


Figura 6.1. Esquema cartogràfic de la part central de la Cadena Costanera Catalana amb la localització del Sector estudiat (Travé *et al.*, 1998).

La conca mesozoica a la zona del Massís de Garraf fou omplerta per roques carbonatades marines d'aigües somes dipositades en un mar epeiric a la part més nord del

massís, i per dipòsits siliciclàstics a les parts marginals. El límit inferior de la superseqüència del Cretaci inferior és una disconformitat i el límit superior és una inconformitat (Salas i Casas, 1993).

L'estratigrafia del Mesozoic al Massís de Garraf comprèn el Triàsic, una secció de dolomies del Juràssic i una potent seqüència carbonatada del Cretaci inferior seguida d'una menys potent seqüència del Cretaci superior (Figura 6.2 i Figura 6.3).

Les dolomies que s'han estudiat en aquest sector afecten principalment la Fm. de les Artoles del Barremià de la zona de l'Ordal. La Fm. de les Artoles té 610 m de potència aproximada i està formada principalment per carbonats marins somers dipositats en un ambient de plataforma, amb algunes intercalacions de carbonats d'aigua dolça i materials siliciclàstics a les parts més marginals (Figura 6.4; Salas *et al.*, 1995). Les calcàries han estat parcialment dolomititzades (Figura 6.2 i Figura 6.3, Figura 6.4).

Geometria del cos dolomític

El cos dolomític que afecta els materials del Barremià (Cretaci inferior) al Massís de Garraf presenta una morfologia tabular i unes dimensions quilomètriques, fins a 10 km de llarg per 6 km d'ample (Figura 6.2 i Figura 6.3). La seva potència mínima és de 270 m. Lateralment s'atascona amb capes de 2-3 m de roques calcàries encaixants, ben estratificades (Figura 6.3).

Les calcàries de la Fm. de les Artoles està constituïda per fàcies de wackestones i packstones amb foraminífers bentònics, bivalves (principalment rudistes), gasteròpodes i ostràcodes. El cos dolomític afecta preferentment a la roca calcària encaixant precursora més grollera (textura packstones).

El cos dolomític és de color gris i no presenten estructures sedimentàries ni pseudomorfes d'evaporites. Les dolomies han estat afectades per diferents generacions de fractures i localment tenen porositat intercrystal·lina i vacuolar. Generalment una primera generació de ciment dolomític i una segona generació de ciment esparític de calcita omplen les fractures i les porositats. A vegades aquestes porositats estan omplertes únicament per ciment esparític de calcita.

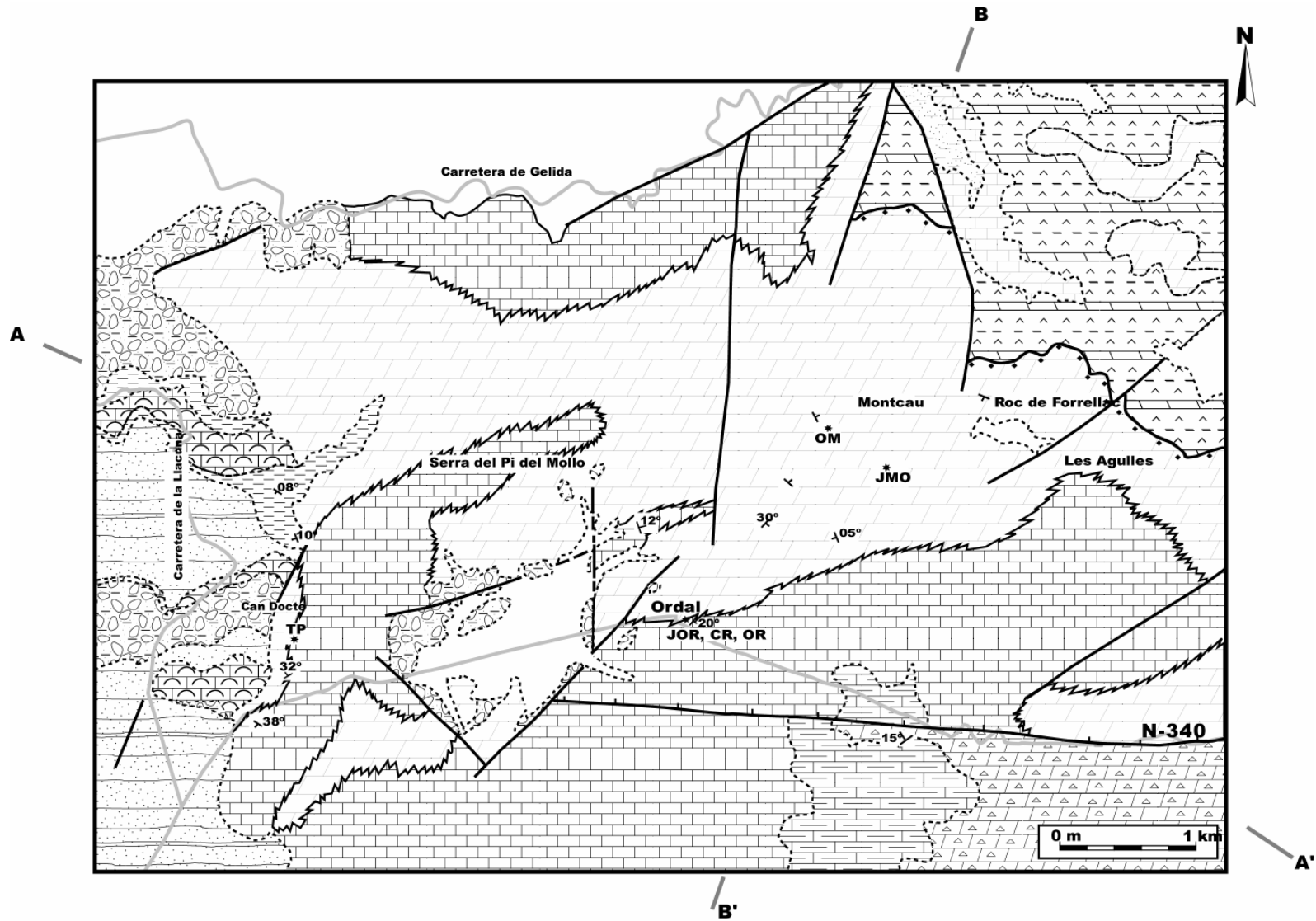


Figura 6.2 Cartografia detallada de la part nord del Massís de Garraf, a la zona de l'Ordal. Els principals punts estudiats estan localitzats en el mapa. Modificat de Salas *et al.*, en premsa.

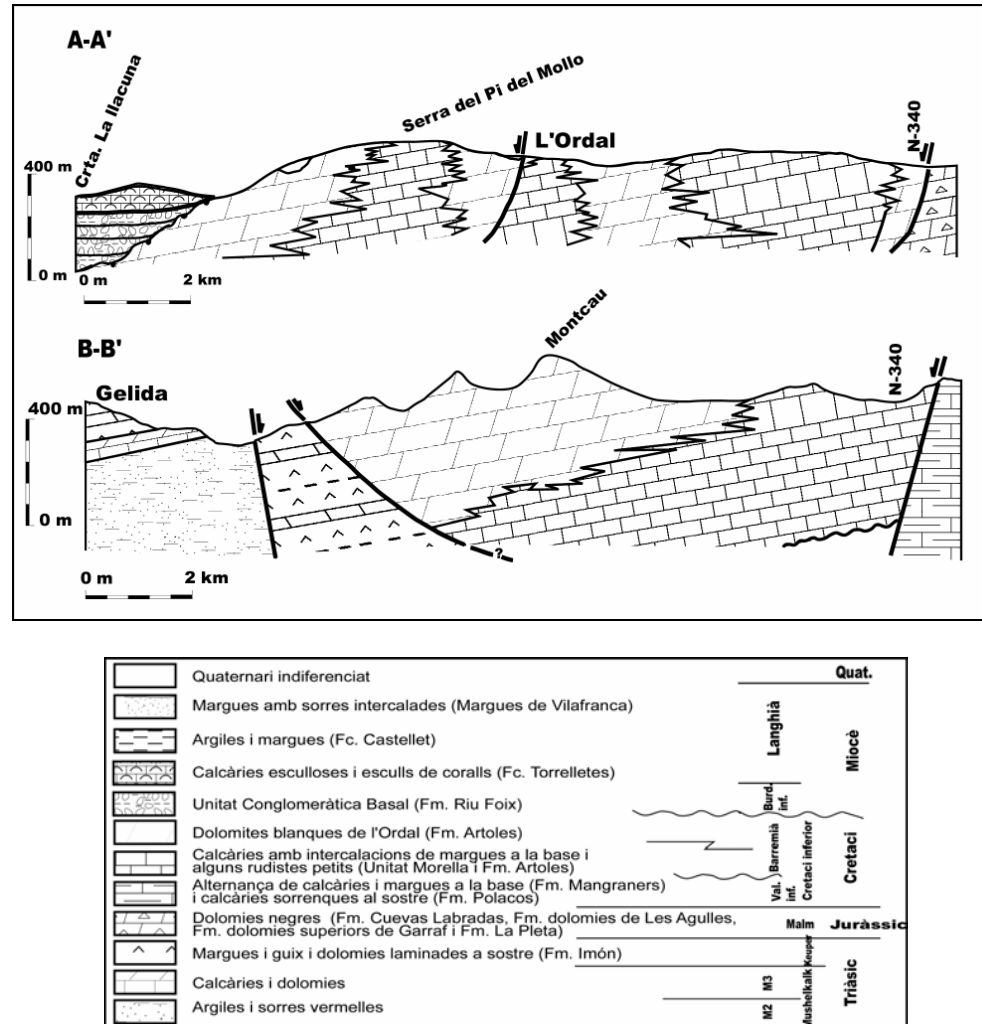


Figura 6.3 Talls de direcció NW-SE i N-S de la zona estudiada i les àrees adjacents. La localització d'aquests talls és a la Figura 6.2.

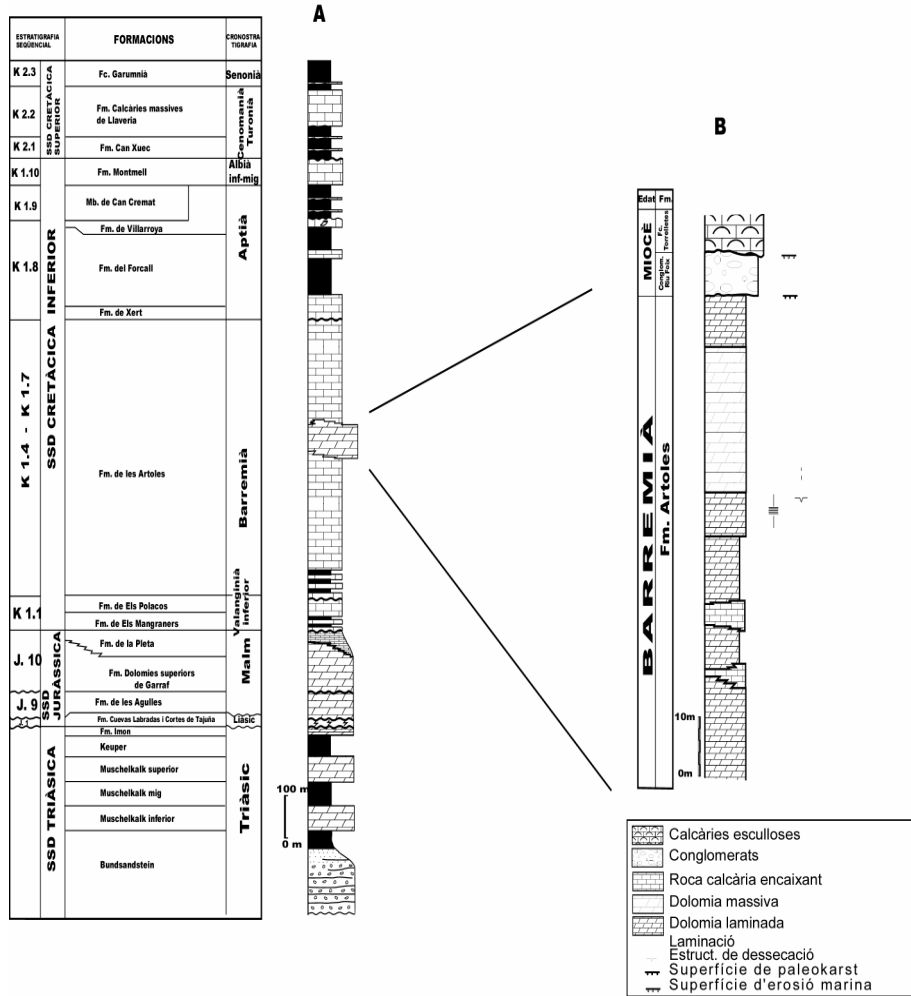


Figura 6.4 A. Columna estratigràfica sintètica dels sediments Mesozoics del Massís de Garraf. B. Columna estratigràfica de les dolomies del Barremià de la zona de l'Ordal.

Petrologia

Les principals litologies identificades al cos dolomític d'edat Barremià del sector de la Cadena Costanera Catalana són: dolomies, desdolomies i ciments de calcita post-dolomitització.

Dolomies

Les textures dolomítiques són dues: les dolomies de reemplaçament i el ciment dolomític.

1. Les dolomies de reemplaçament que formen el cos dolomític estan formades per mosaics polimodals i unimodals de cristalls de mida que varia des de 10-30 µm (dolmicrosparita) a 500 µm (dolsparita). La fàbrica d'aquestes roques varia d'entre selectiva, penetrativa i no

destructiva i penetrativa i destructiva, depenent de la zona. Localment s'identifiquen fantasmes d'oòlits i bivalves.

Les dolomies de reemplaçament del Barremià poden dividir-se en cinc tipus diferents en base a la mida i l'hàbit dels cristalls.

a. les dolomicrosparites anèdriques estan formades per mosaics polimodals de cristalls de mida fina, de menys de 10 μm a mida mitja (70 μm) amb textura xenotòpica i les cares dels cristalls no planars (Sibley i Gregg, 1987). Les dolomies anèdriques tenen un aspecte brut i la fàbrica és penetrativa destructiva. Al microscopi de catodoluminiscència aquests cristalls estan zonats i tenen bandes grogues brillants que alternen amb bandes taronges opaques luminescents.

b. les dolmicrosparites subèdriques-euèdriques estan formades per mosaics unimodals de cristalls de mida entre 20 a 30 μm , són cristalls translúcids. Aquestes dolomies tenen una textura hipidiotòpica i les cares dels cristalls són planar-s (Sibley i Gregg, 1987) (Figura 6.5A). La fàbrica és penetrativa i destructiva. Al microscopi de catodoluminiscència els cristalls estan zonats i les envoltas tenen una luminiscència taronja opaca alternant amb envoltas grogues brillants.

c. les dolsparites anèdriques estan formades per mosaics unimodals de cristalls de mida entre 100 a 200 μm . Les cares dels cristalls són irregulars i els límits són no planars. La fàbrica de la roca és penetrativa no destructiva (Figura 6.5A i 6.5B). Els cristalls estan zonats i tenen un nucli fosc i unes envoltas més clares. Al microscopi de catodoluminiscència el nucli dels cristalls és no luminescent, localment vermell opac i les envoltas tenen una luminiscència homogènia vermella opaca.

d. les dolsparites subèdriques estan formades per cristalls grollers de mida superior a 100 μm . Tenen una textura hipidiotòpica i els límits de les cares dels cristalls són planar-s. La fàbrica és selectiva i també penetrativa no destructiva (Figura 6.5C i 6.5D). Els cristalls estan zonats amb el nucli fosc i les envoltas clares, de fins a 10 μm d'espessor. Al microscopi de catodoluminiscència el nucli varia de no luminescent a vermell opac i les envoltas són homogènies vermell opac quan la fàbrica és penetrativa i no destructiva i zonada amb bandes taronja opaques i grogues brillants quan la fàbrica és selectiva.

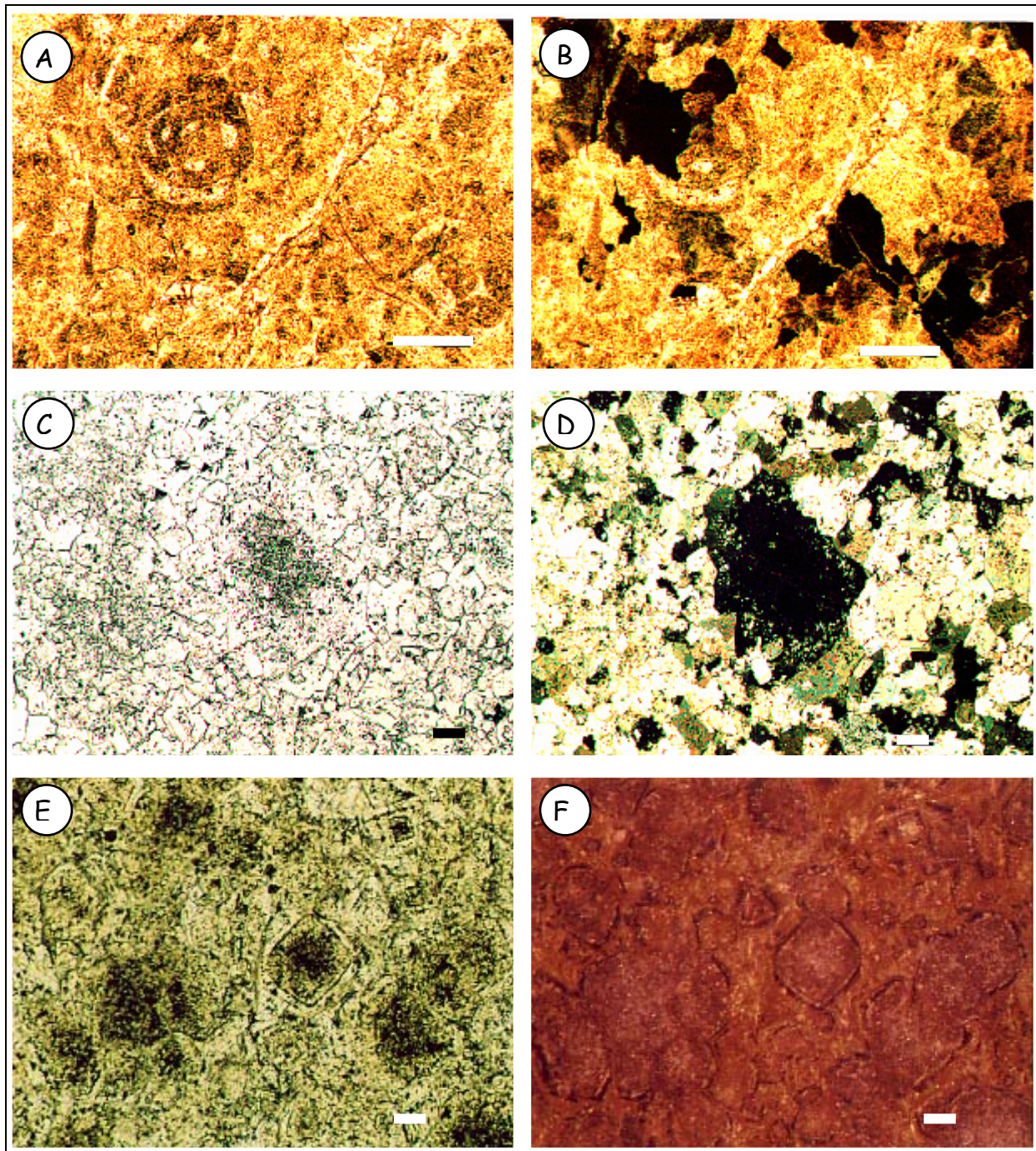


Figura 6.5. **A.** Dolosparita anèdrica amb fàbrica penetrativa no destructiva. S'observa un miliòlid parcialment dolomititzat. Mostra TP-6. Barra de 500 µm. **B.** Imatge a nícols creuats de (A). Es pot veure l'extinció pseudonul·lant. Mostra TP-06. Barra de 500 µm. **C.** Dolosparita subèdrica amb fàbrica selectiva. Mostra TP-9. Barra de 100 µm. **D.** Imatge a nícols creuats de (C). Mostra TP-9. Barra de 100 µm. **E.** Dolosparita euèdrica amb cristalls de morfologia ròmbica i zonats. Mostra OM-6. Barra de 100 µm. **F.** Imatge a microscopi de catodoluminiscència de (E). Mostra OM-6. Barra de 100 µm.

e. Les dolsparites euèdriques estan formades per mosaics polimodals amb cristalls grollers de mida superior a 200 μm . Els cristalls són ròmbics i els límits de les cares dels cristalls són planars-e. La fàbrica de la roca és selectiva. Aquests cristalls estan zonats i tenen el nucli fosc i les envoltas clares, de fins a 10 μm d'espessor (Figura 6.5E i 6.5F). Al microscopi de catodoluminiscència els nucli són no luminiscents i localment vermell opac luminiscents i les envoltas són taronja opaques luminiscents i grogues brillants luminiscents (Figura 6.6A i 6.6B).

2. El ciment dolomític està format per cristalls euèdrics i subèdrics de mida entre 50 i 70 μm . Els cristalls que formen el ciment dolomític creixen amb l'eix c perpendicularment a la paret de fractures (Figura 6.6C i 6.6D) i de porositat mòldica (gasteròpodes i mol·luscs principalment) (Figura 6.6E i 6.6F). Al microscopi de catodoluminiscència aquests cristalls estan zonats formant bandes grogues brillants luminiscents i taronges opaques que alternen amb bandes no luminiscents.

Desdolomies

Les desdolomies tan sols presenten un sol tipus de textura, les desdolomies idiotòpiques.

1. Les desdolomies idiotòpiques estan formades per cristalls euèdrics amb morfologia ròmbica. La mida dels cristalls és de del voltant de 50 μm . Al microscopi de catodoluminiscència les desdolomies idiotòpiques són no luminiscents.

Ciments de calcita postdolomitització

Els ciments de calcita que van precipitar posteriorment a la dolomitització es presenten en dos tipus: el ciment esparític de calcita de tipus 2 i el ciment poiquilotòpic de calcita.

1. El ciment esparític de calcita de tipus 2 està format per cristalls de calcita esparítica. Aquest ciment està format per una primera generació de cristalls (20 i 100 μm) que creixen amb l'eix c perpendicular a la paret de fractures i de porositat vacuolar, i una segona generació de cristalls més elongats (50 i 200 μm), amb extinció ondulant que acaben d'omplir la porositat. Aquest tipus de ciment també pot presentar una textura poiquilotòpica. En aquest cas els cristalls tenen una mida variable des de 100 μm fins a 500 μm . Al microscopi de

catodoluminiscència hi ha zones on aquests són no luminescents, mentre que en d'altres presenten una zonació on s'alternen bandes primes grogues brillant luminescents i bandes més gruixudes no luminescents (Figura 6.6C i 6.6D).

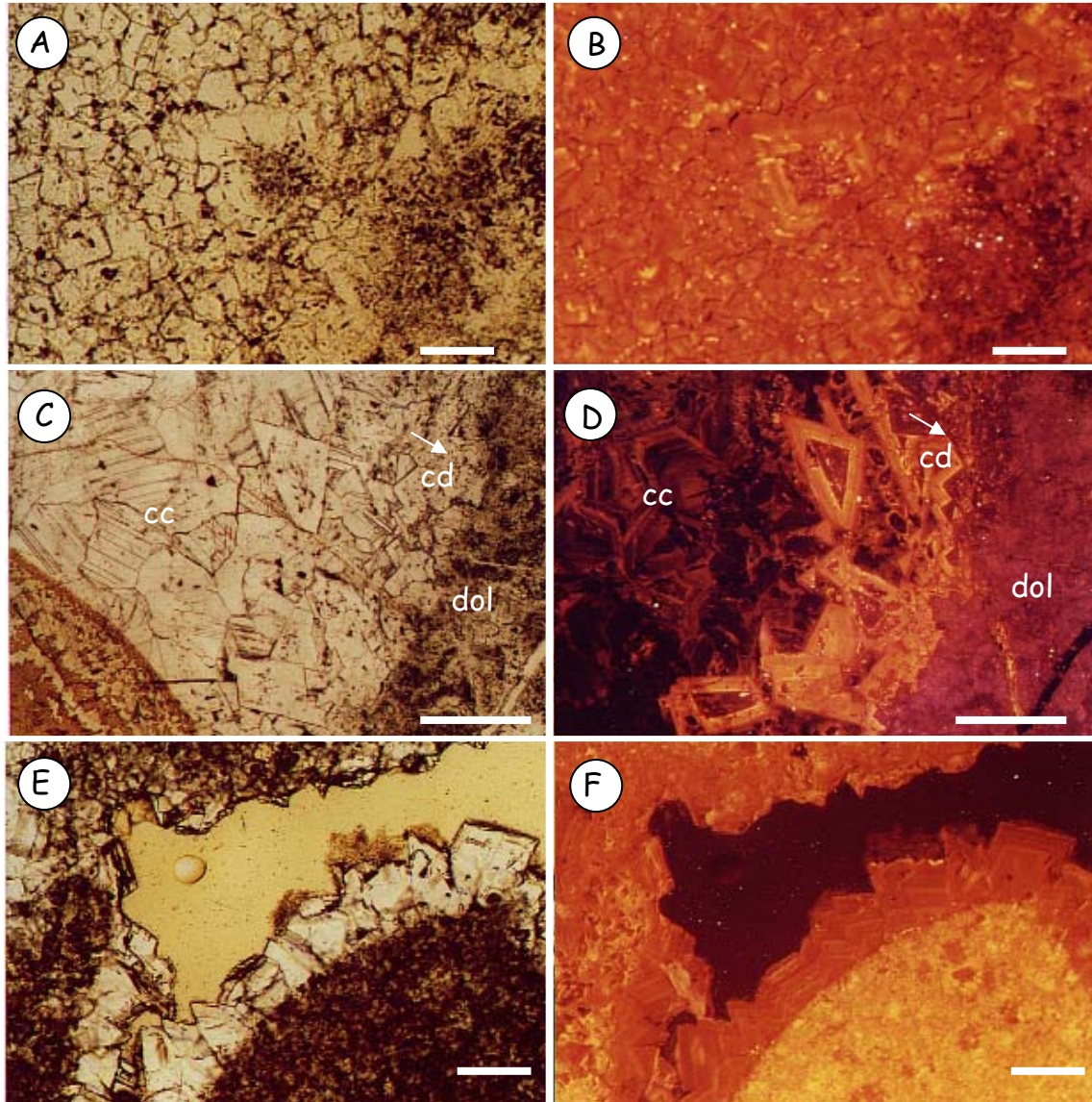


Figura 6.6. A. Dolmicroparita subèdrica-euèdrica i dolsparites euèdriques zonades. Mostra TP-2. Barra de 100 μm. B. Imatge a microscopi de catodoluminiscència de (A). Mostra TP-2. Barra de 100 μm. C. Cristalls de dolsparita subèdrica (dol) amb una porositat omplerta per ciment dolomític (cd) en disposició rim i per ciment esparític de calcita de tipus 2 (cc). Mostra TP-6. Barra de 500 μm. D. Imatge a microscopi de catodoluminiscència de (C), on es veu una luminiscència homogènia vermella luminescent de la dolsparita subèdrica, una luminiscència zonada brillant del ciment dolomític i una luminiscència zonada molt dèbil del ciment de calcita. Mostra TP-6. Barra de 500 μm. E. Porositat intercrystal·lina amb una primera generació de ciment dolomític en disposició rim. Mostra TP-5. Barra de 100 μm. F. Imatge a microscopi de catodoluminiscència de (E).

Mineralogia: estequiometria

Tots els tipus de dolomies de reemplaçament que s'han descrit són poc estequiomètriques, presentant valors de MgCO_3 que varien entre 36 i 48 % molar, amb un valor mitjà de 41,2 % molar de MgCO_3 . El ciment dolomític presenta valors d'entre 39 i 47,5 % molar de MgCO_3 amb un valor mitjà de 41,6 % molar (Figura 6.7, Taula 6.1).

Les desdolomies idiotòpiques presenten valors molars de MgCO_3 d'entre 0,9 i 2,3 % i un valor mitjà de 1,5 % molar de MgCO_3 (Figura 6.7, Taula 6.1).

Geoquímica elemental

Els valors d'elements traça de les dolomies de reemplaçament són diferents segons cada tipus de dolomies:

Les dolmicrosparites anèdriques tenen un contingut de Mn que oscil·la entre valors sota els límits de detecció (<l.d.) i 430 ppm, el Fe varia des de 1050 a 5160 ppm i el Na des de <l.d. i 230 ppm. El contingut de Sr està per sota els límits de detecció. Les dolmicrosparites subèdriques i euèdriques tenen valors de Mn entre l.d. i 620 ppm, de Fe entre l.d. i 1690 ppm, de Sr entre l.d. i 600 ppm i de Na entre l.d. i 710 ppm. Les dolmicrosparites subèdriques i euèdriques tenen el contingut de Sr i Na més elevat que les dolmicrosparites anèdriques. El contingut de Fe i Mn és similar en ambdós casos (Figura 6.7, Taula 6.1).

Les dolsparites anèdriques, subèdriques i euèdriques tenen un contingut molt similar de Mn (entre l.d. i 350 ppm) i de Sr (entre l.d. i 560 ppm). El contingut de Fe en les dolomies anèdriques és el més baix dels tres casos (l.d. fins 940 ppm) i a mesura que es van fen més euèdriques el contingut de Fe augmenta (l.d. fins a 2610 ppm). El contingut de Na és més elevat a les dolsparites subèdriques (l.d. fins a 880 ppm) que a les anèdriques (l.d. a 530 ppm) i euèdriques (l.d. a 270 ppm) (Figura 6.7, Taula 6.1).

El ciment dolomític té un contingut de Mn d'entre l.d. a 260 ppm, de Fe entre l.d. i 2380 ppm, de Sr entre l.d. i 370 ppm i de Na entre l.d. i 560 ppm (Figura 6.7, Taula 6.1).

Les desdolomies idiotòpiques presenten un contingut de Fe entre l.d. i 3390 ppm, de Sr entre l.d. i 370 ppm i de Mn i Na per sota del l.d respectius (Taula 6.1).

El ciment de calcita de tipus 2 presenta un contingut en Mg d'entre 430 i 6350 ppm amb un valor mitjà de 2680 ppm, de Mn des de l.d. fins a 820 ppm, de Fe entre l.d. i 1210 ppm, de Sr entre l.d. i 1240 ppm i el Na entre l.d. i 280 ppm (Taula 6.1).

			%Mg(CO ₃)	ppm Mn	ppm Fe	ppm Sr	ppm Na	
Dolomies de reemplaçament	Dolmicrosparites anèdriques	n=2	Màxim	40,0	430	5160	-	230
			Mínim	38,0	<l.d.	1050	-	<l.d.
			Promig	39,0	-	3110	-	-
	Dolmicrosparites subèdriques-euèdriques	n=30	Màxim	48,0	620	1690	600	710
			Mínim	36,0	-	-	-	-
			Promig	40,0	-	-	-	-
	Dolsparites anèdriques	n=23	Màxim	46,0	290	940	460	530
			Mínim	44,0	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.
			Promig	45,0	-	-	-	-
	Dolsparites subèdriques	n=71	Màxim	46,5	355	1875	558	880
			Mínim	36,5	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.
			Promig	40	-	-	-	-
	Dolsparites euèdriques	n=116	Màxim	46,0	320	2610	440	270
			Mínim	38,0	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.
		Promig	42,0	-	-	-	-	
Ciment dolomític	n=48	Màxim	47,5	260	2380	370	560	
		Mínim	39,0	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	
		Promig	41,6	-	-	-	-	
Desdolomies idiotòpiques	n=7	Màxim	2,3	-	3390	370	-	
		Mínim	0,9	-	<l.d.	<l.d.	-	
		Promig	1,5	-	-	-	-	
			ppm Mg	ppm Mn	ppm Fe	ppm Sr	ppm Na	
Ciments post-dolomític zació	Ciment esparític de calcita de tipus 2	n=49	Màxim	6350	820	1210	1240	280
			Mínim	430	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.
			Promig	2680	-	-	-	-

Taula 6.1. Estequiometria i geoquímica elemental.

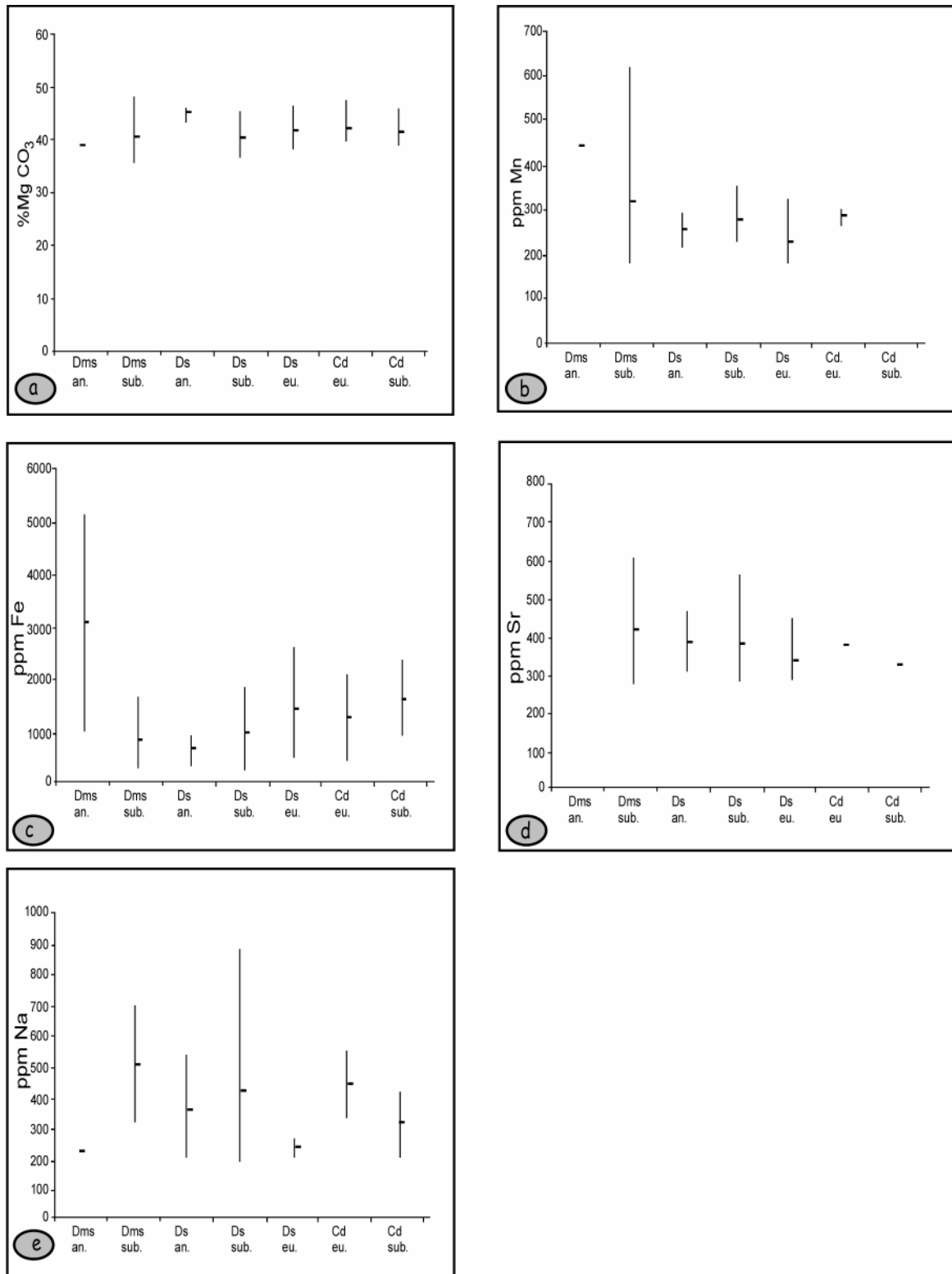


Figura 6.7. Estequiometria i geoquímica elemental (valors en ppm) de les dolomies de reemplaçament del Barremià. Dms an: dosmicroparita anèdrica; dms sub: dolmicroparita subèdrica; ds an: dolsparita anèdrica; ds sub: dosparita subèdrica; ds eu: dosparita euèdrica; cd eu: ciment dolomític amb cristalls euèdrics; cd sub: ciment dolomític amb cristalls subèdrics.

Isòtops estables

La composició isotòpica d'oxigen de la roca calcària encaixant del Barremià (Cretaci inferior) varia des de $-5,3$ ‰ a $-3,8$ ‰ PDB. Els valors de $\delta^{13}\text{C}$ varien des de $-1,7$ ‰ a $+2,2$ ‰ PDB (Figura 6.8, Taula 6.2).

La composició isotòpica d'oxigen de les dolomies de reemplaçament varia entre $-6,5$ ‰ i 0 ‰ PDB i la del carboni entre $-3,2$ ‰ i $+2,9$ ‰ PDB (Figura 6.8, Taula 6.2).

Els valors de $\delta^{18}\text{O}$ de les desdolomies varien entre $-3,7$ ‰ i $-6,8$ ‰ PDB i els valors de $\delta^{13}\text{C}$ varien entre $-2,2$ ‰ i $-8,1$ ‰ PDB (Figura 6.8, Taula 6.2).

	Mostra	Textura/Mineralogia	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (PDB)
Roca calcària encaixant	JOR-4	Wackestone/calcita	-1,7	-5,3
	OR-8c*	Wackestone/calcita	+1,1	-4,6
	OR-21c*	Wackestone/calcita	+1,5	-3,8
	Pa-5c*	Wackestone/calcita	+2,2	-3,9
	Pa-5d*	Packstone/calcita	+2,1	-4,3
	SP-5b*	Packstone/calcita	+0,7	-4,2
	Ga-21b*	Packstone /calcita	-1,4	-4,9
	Ga-23b*	Packstone /calcita	-1,5	-4,7
Dolomies de reemplaçament	JMO-3	Dolomita	1,8	-3,3
	JMO-4A	Dolomita	-0,9	-4,4
	JMO-6	Dolomita	1,5	0,0
	JOR-1	Dolomita	-1,7	-4,7
	OR-P	Dolomita	-2,4	-2,9
	JPA-23	Dolomita	-2,2	-2,1
	JPA-25A	Dolomita	-3,2	-3,0
	JPA-27	Dolomita	0,7	-3,9
	OM-2	Dolomita	2,7	-2,8
	OM-5	Dolomita	-1,3	-2,3
	OM-6	Dolomita	3,0	-2,1
	TP-2	Dolomita	0,2	-3,0
	TP-9	Dolomita	-2,5	-2,9
Desdolomies idiotòpiques	OM-10	Calcita	-8,1	-6,9
	JPA-19	Calcita	-2,2	-3,7

Taula 6.2. Composició isotòpica d'oxigen i carboni de les diverses petrologies identificades al sector de la Cadena Costanera Catalana (*dades de Travé *et al.*, 1998).

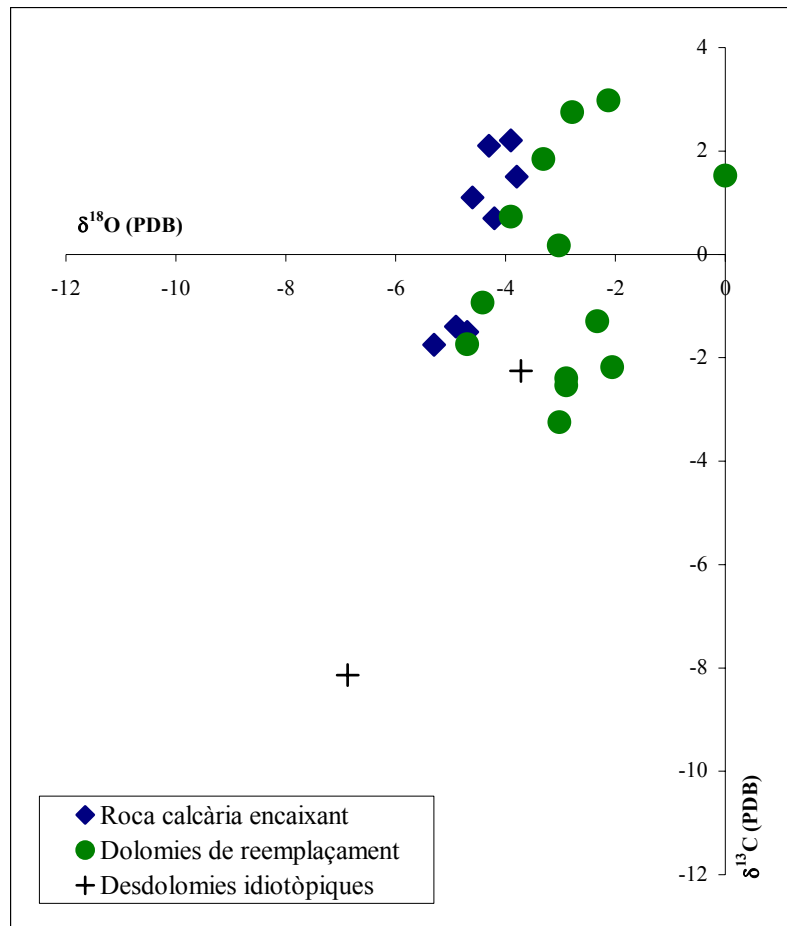


Figura 6.8. Diagrama amb la composició isotòpica de carboni i oxigen de les mostres d'edat Barremià del sector de la Cadena Costanera Catalana.

Isòtops radiogènics

La roca calcària encaixant del Barremià té una composició de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ que varia entre 0,70740 i 0,70761. Els valors de les dolomies de reemplaçament varien entre 0,70733 i 0,70766 (Figura 6.9, Taula 6.3).

	Mostra	Textura/mineralogia	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Error
Roca calcària encaixant	JOR-4	Wackestone/calcita	0,70761	5
	Ga-23b*	Packstone/calcita	0,70740	
	Ga-21b*	Packstone /calcita	0,70742	
Dolomies de reemplaçament	TP-6	Dolomita	0,70766	9
	OM-6	Dolomita	0,70733	5
	OM-2	Dolomita	0,70735	6
	JOR-3a	Dolomita	0,70754	6
	JOR-1	Dolomita	0,70811	5

Taula 6.3. Composició isotòpica d'estrónci radiogènica de la roca calcària encaixant i de les dolomies de reemplaçament (*dades de Travé *et al.*, 1998).

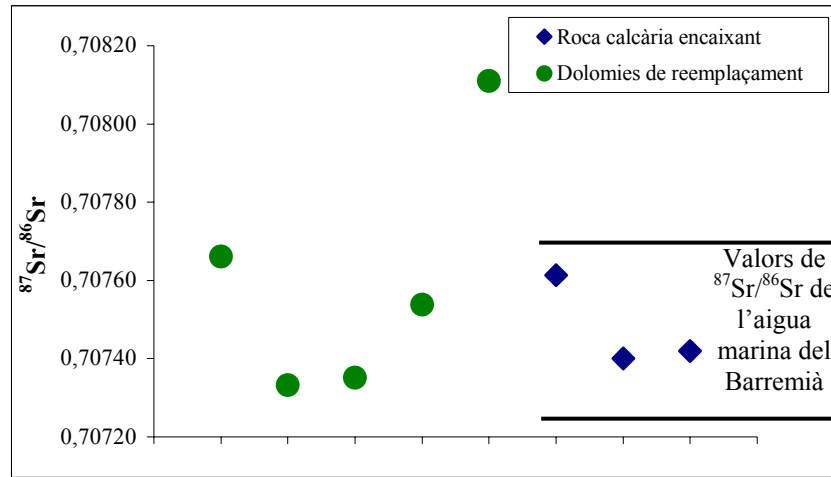


Figura 6.9. Diagrama amb la composició de l'estronci radiogènic ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) de la roca calcària encaixant i de les dolomies de reemplaçament amb el límit de la composició isotòpica d'estronci de l'aigua marina del Cretaci (Burke *et al.*, 1982; Koepnick *et al.*, 1985; McArthur, 1994).

Terres Rares

Als diferents tipus de dolomies de reemplaçament descrits anteriorment se'ls ha analitzat el seu contingut en terres rares (REE). En tots els casos s'han normalitzat els valors als patrons de les condrites i els valors obtinguts són molt similars entre ells (Taula 6.4). Totes les mostres presenten anomalies negatives de Ce i de Eu i tenen valors de terres rares lleugeres (LREE) superiors als de les terres rares pesades (HREE) (Figura 6.10).

Les anomalies de Eu varien entre 0,584 i 0,668. Les anomalies del Ce varien entre $-0,08$ i $-0,5$, excepte en una mostra que aquest valor està per sobre de zero (0,29). Els valors obtinguts de la relació Ce/Ce* varien entre 0,46 to 0,98. La relació LREE/HREE varia entre 7,12 i 17,71 (Nadal, 1999).

Elements	Màxim	Mínim	Desviació
La	21,9	3,7	5,9
Ce	5,5	1,3	1,2
Pr	8,0	1,4	2,0
Nd	6,3	0,9	1,6
Sm	3,8	0,6	1,0
Eu	2,5	0,3	0,6
Gd	3,8	0,5	1,0
Dy	2,5	0,3	0,7
Er	2,3	0,2	0,6
Yb	1,6	0,2	0,4

Taula 6.4. Valors dels principals elements de terres rares normalitzats a partir de condrites.

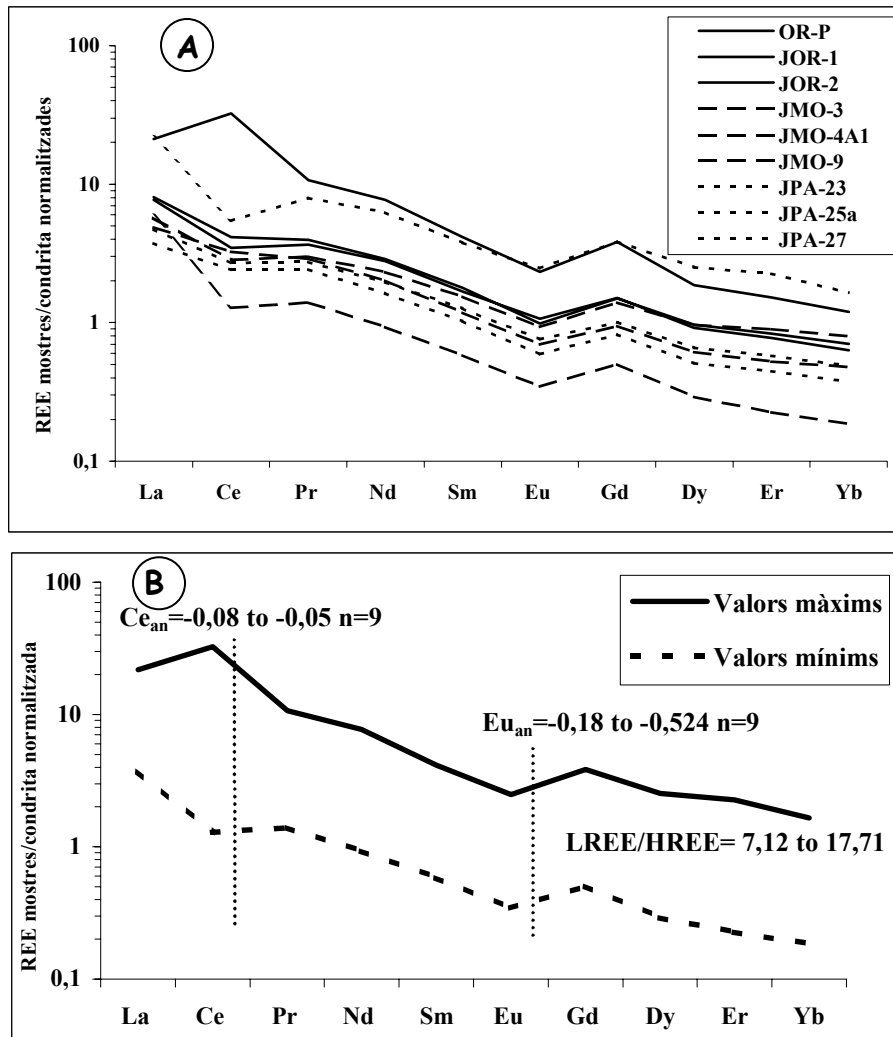


Figura 6.10. A. Representació dels valors de REE de les dolomies de reemplaçament del Barremià. B. Valors màxims i mínims de REE, anomalies de Ce i Eu i relació LREE/HREE.

6.1.2. Resum del sector de la Cadena Costanera Catalana

El cos dolomític de la zona de l'Ordal (Massís de Garraf) presenta una morfologia tabular i massiu, amb unes dimensions quilomètriques de llargada i decamètriques a hectomètriques de potència.

Les principals fàcies diagenètiques que s'han identificat són la roca calcària encaixant, les dolomies, les desdolomies i els ciments de calcita post-dolomitització.

La roca calcària encaixant presenta uns valors isotòpics d'oxigen més lleugers que els carbonats marins del Cretaci (Figura 6.8, Taula 6.2). Els valors de l'estrunci radiogènic equival als valors dels carbonats marins del Barremià (Figura 6.9, Taula 6.3).

Les dolomies de reemplaçament presenten diverses textures, però en tots els casos la mineralogia i la geoquímica elemental de totes elles és molt similar, totes poc estequiomètriques i amb uns continguts moderats de Fe (Figura 6.7, Taula 6.1). La composició isotòpica d'oxigen de les dolomies de reemplaçament és lleugerament més pesada que la de la roca calcària encaixant (Figura 6.8, Taula 6.2), indicant fraccionament de l'oxigen degut a la salinitat, i per tant un origen a partir d'aigües marines més evolucionades. La composició isotòpica d'estrunci coincideix plenament amb els valors de les aigües marines del Barremià (Figura 6.9; Taula 6.3). Els valors de les anomalies negatives de Ce (Figura 6.10, Taula 6.4) poden indicar diagènesi a partir d'aigües meteòriques oxidants en sistemes diagenètics oberts. En el cas però de tractar-se de sistemes diagenètics tancats, les anomalies serien heretades de les calcàries precursors i no reflectiren la geoquímica de les solucions dolomititzants.

**7. LES DOLOMIES I LES DESDOLOMIES DE
L'APTIÀ**

Els materials calcaris de la Fm. de Villaroya (Aptià) han estat dolomititzats en alguns punts de la Zona d'Enllaç, com són el sector Alt Maestrat i el sector del Turmell i els Ports de Beseit.

7.1. SECTOR DE L'ALT MAESTRAT

7.1.1. El Coll del Vidre

Geometria del cos dolomític

De dolomies a la zona del Coll del Vidre se n'han distingit de dues edats: les dolomies que afecten a les calcàries del Titònic-Berriasià, concretament la Fm. de Bovalar (estudiades al capítol 5 d'aquest treball), i per damunt d'aquestes hi apareixen les dolomies que afecten les calcàries de la Fm. de Villaroya de l'Aptià (Figura 7.1).

El cos dolomític que afecta les calcàries de la Fm. de Villaroya estan disposades en nivells massius d'una coloració rogenca i rosada i tenen un percentatge de porositat vacuolar molt elevat. Aquest cos dolomític es disposa de manera discordant per damunt de la Fm. de Bovalar a partir d'una superfície d'erosió càrstica. Aquesta zona carstificada està parcialment omplerta amb argiles laterítiques probablement d'edat barremiana (Figura 7.2).

La geometria d'aquest cos dolomític és molt difícil d'observar-se pel fet que es troba en una zona d'alt paleogeogràfic i l'elevada concentració de fractures i falles fan que s'amalgamin els diferents cossos dolomítics donant lloc a una gran massa de dolomia.

Les dolomies de la Fm. de Villaroya tenen, a simple vista, una mida de gra més gran que les dolomies dels nivells inferiors. La porositat intercrystal.lina i vacuolar de les dolomies està omplerta per ciment esparític de calcita.

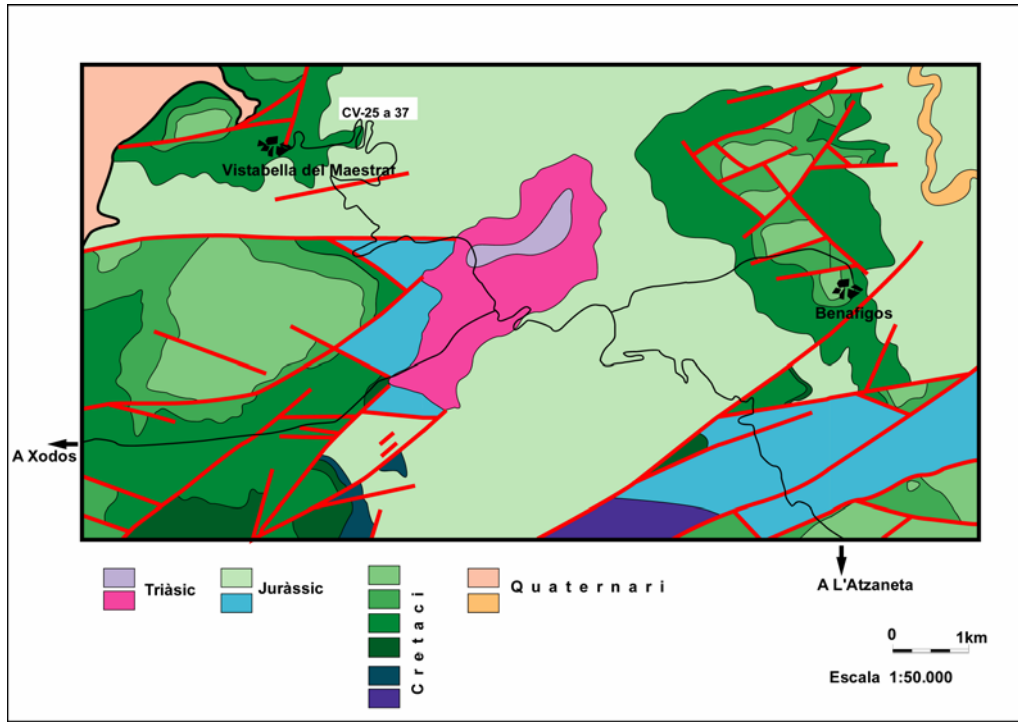


Figura 7.1. Mapa geològic de la zona del Coll del Vidre, segons l'IGME, 1972. No s'han cartografiat els punts on hi apareix dolomia ja que a nivell de camp no es poden veure els límits dels cossos dolomítics. S'han situat els punts estudiats amb les mostres preses a cada lloc. CV-25 a 37: Carretera de Vistabella del Maestrat (Fm. de Villaroya, Aptià).

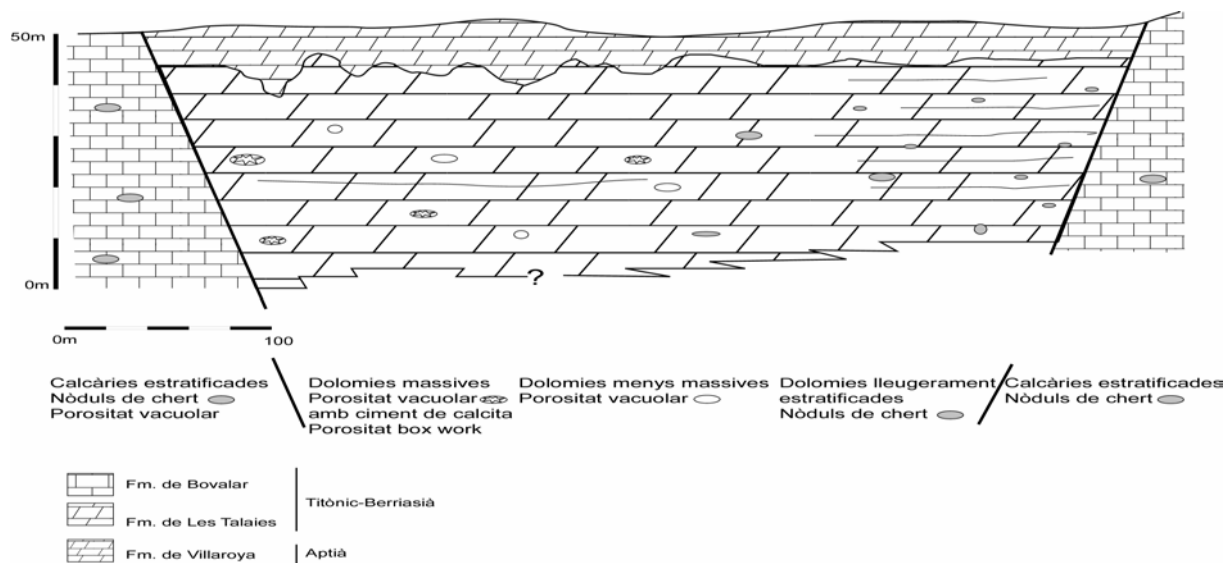


Figura 7.2. Tall esquemàtic de la zona del Coll del Vidre amb les dolomies de l'Aptià al damunt de la superfície càrstica que erosiona les dolomies de la Fm. de Les Talaies.

Petrologia

Les principals litologies identificades als cossos dolomítics que afecten les calcàries de la Fm. de Villaroya en aquest sector són: dolomies, desdolomies i ciments de calcita postdolomitització.

Dolomies

Les dolomies que afecten als materials de l'Aptià de la zona del Coll del Vidre presenten les següents textures: les dolomies de reemplaçament, les dolomies barroques de reemplaçament, el ciment dolomític i el ciment de dolomia barroca.

1. Les dolomies de reemplaçament estan formades per cristalls euèdrics, amb morfologia ròmbica, i subèdrics de mida entre 125 µm i 1 mm. Els cristalls estan zonats i en general tenen un aspecte net. Presenten una textura idiotòpica-hipidiotòpica formant mosaics unimodals (Figura 7.3A i 7.3B). La fàbrica de les dolomies de reemplaçament és en general penetrativa destructiva tot i que localment es preserven fantasmes de components esquelètics. Les envoltas dels cristalls estan parcialment desdolomititzades. La porositat intercrystal.lina està generalment omplerta per ciment esparític de calcita (tipus 1 i tipus 2). Al microscopi de catodoluminiscència els cristalls de dolomita subèdrics tenen una luminiscència homogènia ataronjada opaca, mentre que els cristalls euèdrics tenen el nucli amb una luminiscència homogènia opaca i les envoltas són més luminiscentes.

2. Les dolomies barroques de reemplaçament estan formades per un mosaic de cristalls subèdrics i anèdrics amb una mida variable entre 75 µm i 1 mm. Són cristalls bruts, de color marró i no estan zonats. Aquests cristalls reemplacen principalment a d'òlits i bioclastes. Els cristalls tenen extinció ondulant. El grau de reemplaçament de la roca calcària encaixant és del 95 al 100 %. La porositat de la roca és molt baixa i és principalment intercrystal.lina. Al microscopi de catodoluminiscència els cristalls de dolomita tenen una luminiscència ataronjada-vermella opaca.

3. El ciment dolomític està format per cristalls euèdrics-ròmbics de mida variable entre 40 i 100-300µm. Els cristalls estan zonats i presenten un nombre variable d'envoltas d'aproximadament 5-10 µm de gruix. Localment aquestes envoltas estan desdolomititzades. El

ciment dolomític es pot trobar omplint porositat vacuolar i fractura. Al microscopi de catodoluminiscència els cristalls són vermells opacs luminiscents.

4. El ciment de dolomia barroca està constituït per cristalls d'una mida que varia entre 300 μm i 1 o 2 mm de llargada i entre 500 i 800 μm d'amplada. Els cristalls són euèdrics i subèdrics amb les cares lleugerament corbades i els plans d'exfoliació corbats. En general són cristalls amb un aspecte força net i presenten extinció ondulant. Aquests cristalls creixen amb l'eix c perpendicular a les parets d'algunes cavitats de tipus vacuolar o bé a les parets de les fractures (Figura 7.3A). Aquests cristalls estan en continuïtat òptica amb cristalls de dolomies de reemplaçament i de dolomies barroques de reemplaçament. Els cristalls de ciment de dolomia barroca poden estar parcialment o totalment desdolomititzats. Al microscopi de catodoluminiscència tenen una luminiscència ataronjada-vermella opaca.

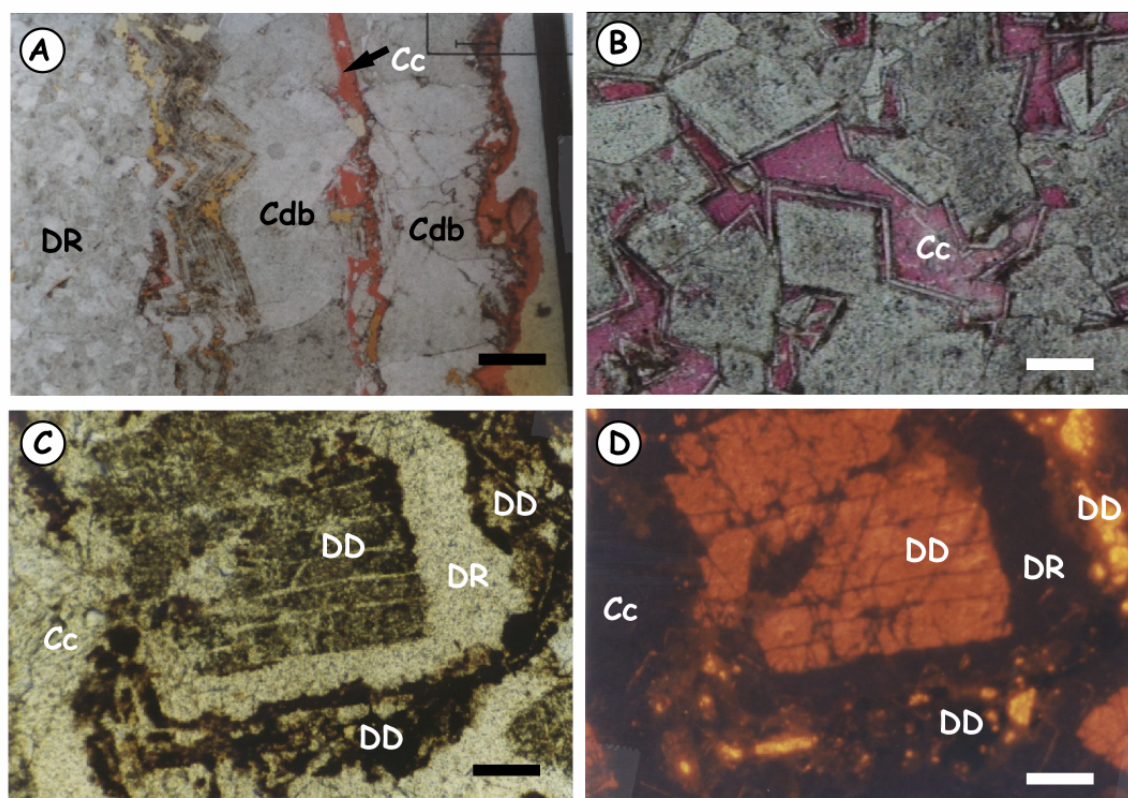


Figura 7.3 **A.** Dolomia de reemplaçament (DR) tallada per una fractura on hi ha precipitat ciment de dolomia barroca (Cdb) i ciment esparític de calcita de tipus 2 (Cc). Mostra CV-28. Barra de 500 μm . **B.** Cristalls euèdrics de dolomies de reemplaçament amb algunes de les envoltes desdolomititzades. Els cristalls estan flotant en ciment esparític de calcita de tipus 2 (Cc). Mostra CV-25. Barra de 125 μm . **C.** Cristall euèdric de dolomia de reemplaçament (DR) amb el nucli i l'envolta externa desdolomititzats (DD). Mostra CV-34. Barra de 125 μm . **D.** És la mateixa fotografia a microscopi de catodoluminiscència. El nucli desdolomititzat té una luminiscència homogènia ataronjada luminiscent i l'última envolta motejada taronja luminiscent. La dolomia de reemplaçament és no luminiscent. Mostra CV-34. Barra de 125 μm .

Desdolomies

Les desdolomies de la zona del Coll del Vidre presenten una sola textura, les desdolomies zonades.

1. Les desdolomies zonades són cristalls euèdrics ròmbics i zonats, de mida variable que pot arribar fins a 1 mm, d'antigues dolomies de reemplaçament i de ciment de dolomia barroca en què tan sols s'han desdolomititzat algunes de les seves envoltures (Figura 7.3C i 7.3D). Sovint el nucli del cristall no està desdolomititzat. El procés de desdolomitització comença des de l'exterior del cristall cap a l'interior. Al microscopi de catodoluminiscència les bandes desdolomititzades són no luminescents però tenen un motejat groc brillant luminescent.

Ciments de calcita postdolomitització

Els ciments de calcita de la zona del Coll del Vidre posteriors a la dolomitització que afecten a la roca calcària encaixant de la Fm. de Villaroya es classifiquen en: ciment esparític de calcita de tipus 1 i ciment esparític de calcita de tipus 2.

1. El ciment esparític de calcita de tipus 1 està format per cristalls equigranulars de mida entre 150 µm i fins a 2 mm. Aquest ciment està sovint associat a la presència de desdolomies (Figura 7.3C i 7.3D). Generalment es troben a l'interior de porositat fractura i porositat intercrystal·lina. Al microscopi de catodoluminiscència presenta dues luminescències diferents: en uns casos és no luminescent, mentre que en d'altres està format per una primera etapa homogènia ataronjada opaca seguida d'una segona etapa que presenta una zonació on s'alternen bandes grogues brillants luminescents amb bandes més fines no luminescents.

2. El ciment esparític de calcita de tipus 2 està format per cristalls de mida des de 80 a 350 µm i equigranulars. Aquest ciment no està associat a les desdolomies. Generalment es troba omplint porositat vacuolar i porositat fractura (Figura 7.3A). Al microscopi de catodoluminiscència presenten una primera etapa amb luminescència taronja homogènia opaca i una segona zona formada per bandes grogues luminescents alternant amb bandes no luminescents.

Mineralogia: estequiometria

Les dolomies de reemplaçament són poc estequiomètriques. Tenen un contingut en molar MgCO_3 que varia entre 37,7 i 46,3 % amb un valor mitjà de 42,7 % molar. El ciment de dolomia barroca presenten valors molt similars als de les dolomies de reemplaçament, varien entre 39,3 i 45,9 % molar MgCO_3 amb un valor mitjà de 41,6 % molar. (Taula 7.1).

Geoquímica elemental

Les dolomies de reemplaçament tenen un contingut de Mn que varia des de sota els límits de detecció (<l.d.) fins a 970 ppm. El contingut de Fe d'aquestes dolomies és en conjunt molt elevat i amb valors des de <l.d. fins a 28500 ppm (5,9 % FeCO_3). El Na presenta valors molt baixos (un sol valor de 320 ppm). El contingut de Sr en aquestes mostres està per sota els límits de detecció. El ciment de dolomia barroca té uns valors de Mn que varien entre 320 i 750 ppm, amb un valor mitjà de 570 ppm. El Fe varia entre 8800 i 23050 ppm (4,8 % FeCO_3) i presenta un valor mitjà de 17700 ppm. El Sr presenta un valor de 190 ppm. Els valors de Na estan per sota els límits de detecció (Taula 7.1).

El ciment de calcita del tipus 2 té un contingut d'entre 1660 i 6810 ppm de Mg amb un valor mitjà de 4670 ppm. El continguts de Mn, de Fe, de Sr i de Na estan sota els límits de detecció (Taula 7.1).

		MgCO_3	CaCO_3	ppm Mn	ppm Fe	ppm Sr	ppm Na	
Dolomies de reemplaçament	Màxim	46,3	55,2	970	28500	-	-	
	Mínim	37,7	50,9	<l.d.	<l.d.	-	-	
	Promig	42,7	53,6	-	-	-	320	
	Desviació	1,7	0,9	-	-	-	-	
		n=28	n=28	n=22	n=22		n=1	
Ciment de dolomia barroca	Màxim	45,9	54,7	750	23050	-	-	
	Mínim	39,3	52,3	320	8800	-	-	
	Promig	41,6	53,4	570	17700	190	-	
	Desviació	1,3	0,5	100	2700	-	-	
		n=36	n=36	n=36	n=36	n=1		
		ppm Mg	ppm Ca	ppm Mn	ppm Fe	ppm Sr	ppm Na	
Ciments de calcita postdolomiti	Ciment esparític de calcita de tipus 2	Màxim	6810	403140	-	-	-	-
		Mínim	1660	391460	-	-	-	-
		Promig	4670	395960	-	-	-	-
		Desviació	2320	4770	-	-	-	-
			n=5	n=5				

Taula 7.1. Estequiometria i geoquímica elemental.

Isòtops estables

La composició isotòpica d'oxigen de la roca calcària encaixant (Fm. de Villarroya) té un valor de $-2,3$ ‰ PDB i una composició isotòpica de carboni de $+1,6$ ‰ PDB. Els valors de $\delta^{18}\text{O}$ de l'esquelet d'un rudista (Aptià) és de $-2,3$ ‰ PDB i els valors de $\delta^{13}\text{C}$ és de $+1,5$ ‰ PDB, valors coincidents amb els de la roca calcària encaixant de la Fm. de Villarroya (Figura 7.4, Taula 7.2).

Les dolomies de reemplaçament tenen valors de composició isotòpica de d'oxigen d'entre $-6,1$ i $-7,0$ ‰ PDB i un valor mitjà de $-6,5$ ‰ PDB. Els valors de la composició isotòpica de carboni varien entre $+1,8$ i $-0,2$ ‰ PDB amb un valor mitjà de $+1,3$ ‰ PDB (Figura 7.4, Taula 7.2).

Les desdolomies zonades presenten una composició isotòpica d'oxigen de $-7,2$ ‰ PDB i de carboni de $-5,1$ ‰ PDB (Figura 7.4, Taula 7.2).

La composició isotòpica d'oxigen del ciment esparític de calcita de tipus 2 és de $-6,8$ ‰ PDB i la de carboni és de $-5,4$ ‰ PDB (Figura 7.4, Taula 7.2).

	Mostra	Textura/mineralogia	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (PDB)
Roca calcària encaixant	CV-35A	Packstone/calcita	+1,6	-2,3
	CV-35B	Rudista/calcita	+1,5	-2,3
Dolomies de reemplaçament	CV-25	Dolomita	+1,2	-6,5
	CV-28	Dolomita	+1,5	-7,0
	CV-29	Dolomita	+1,7	-6,1
	CV-30	Dolomita	+1,8	-6,2
	CV-32A	Dolomita	+1,8	-6,3
	CV-36	Dolomita	-0,2	-7,0
Desdolomies zonades	CV-26	Calcita	-5,1	-7,2
Ciment esparític de calcita de tipus 2	CV-32B	Calcita	-5,4	-6,8

Taula 7.2. Composició isotòpica de carboni i oxigen.

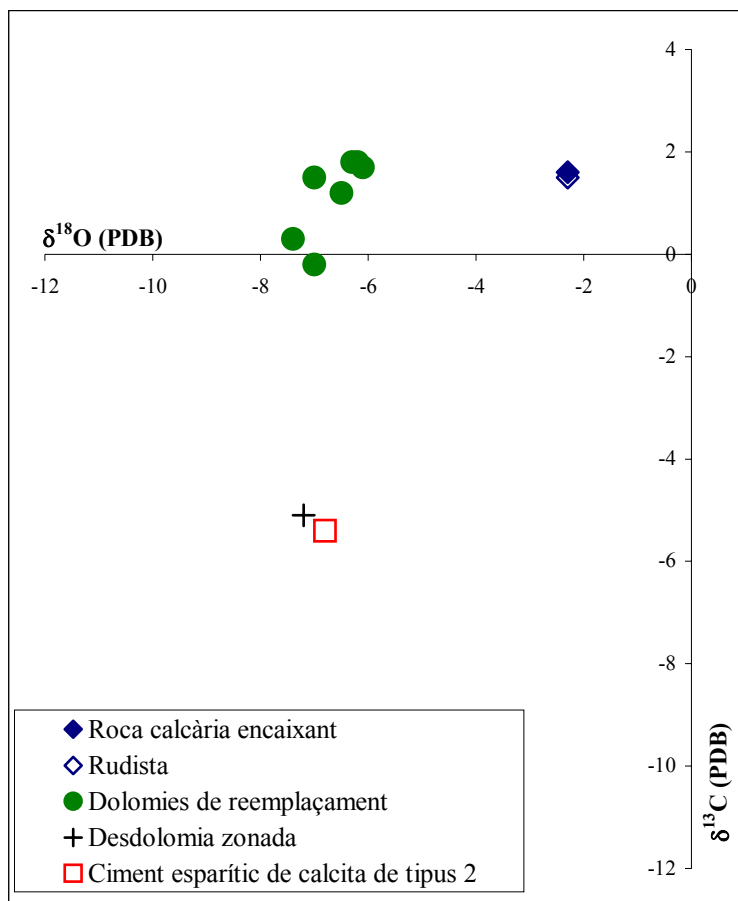


Figura 7.4. Gràfic amb la composició isotòpica de carboni i d'oxigen de les mostres de la zona del Coll del Vidre representades.

Isòtops radiogènics

Els valors de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de la roca encaixant de la Fm. de Villaroya és de 0,70727. Els valors de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ d'una mostra de dolomies de reemplaçament és 0,70762 (Taula 7.3).

	Mostra	Textura/mineralogia	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Error
Roca calcària encaixant	CV-35	Packstone/calcita	0,70727	5
Dolomies de reemplaçament	CV-28	Dolomita	0,70762	5

Taula 7.3. Composició de l'estronci radiogènica.

Inclusions fluides

Les inclusions fluides mesurades en les dolomies de reemplaçament que afecten la Fm. de Villaroya en el Coll del Vidre són d'origen primari i bifàsiques. Els valors obtinguts

de les Th (5 anàlisis) varien entre 87,5 i 105,5 °C, valors molt similars als descrits per les dolomies de reemplaçament que afecten la Fm. de Bovalar. Una dada de Tmi és de -2,5 °C, indicant una salinitat molt baixa, equivalent a 4,2 % en pes equivalent de NaCl (Allan i Wiggins, 1993) (Figura 7.5, Taula 7.4).

El ciment de dolomia barroca presenten valors de Th molt dispersos (78,3, 101 i 151 °C). Una dada de Tmi és de -2,6 °C, indicant una salinitat molt baixa, equivalent a 4,2 % en pes equivalent de NaCl (Allan i Wiggins, 1993) (Figura 7.5, Taula 7.4).

	Mostra		Mineralogia	Th (°C)	Te (°C)	Tmh (°C)	Tmi (°C)	Tsupercooling (°C)	Observacions
Dolomies de reemplaçament	CV-36	#1	Dolomita	105,5			-2,5		
		#2	Dolomita	87,5					
		#3	Dolomita	80-90					
		#4	Dolomita	87,5					
		#5	Dolomita	89,2					
Ciment de dolomia barroca	CV-28	#1	Dolomita	78,3		-23,2			
		#2	Dolomita	101		-23,2			
		#3	Dolomita	151			-2,6	-42,7	

Taula 7.4. Dades de les inclusions fluides en les dolomies de la zona del Coll del Vidre.

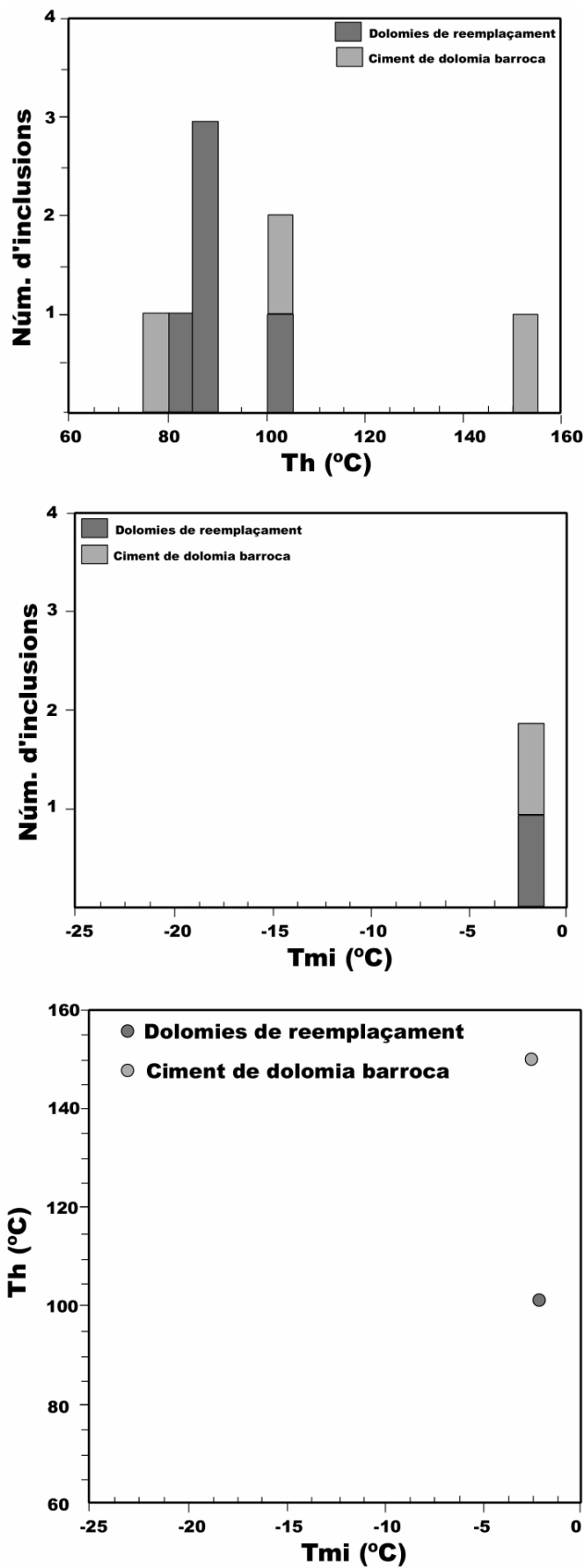


Figura 7.5. Gràfics amb les dades d'inclusions fluides (Th: temperatura d'homogeneïtzació i Tmi: temperatura de fusió del gel) a les dolomies de reemplaçament i el ciment de dolomia barroca de la zona del Coll del Vidre.

7.2. SECTOR DEL TURMELL-PORTS DE BESEIT

7.2.1. Bel

Geometria del cos dolomític

La zona de Bel està situada a la carretera local que uneix la població de Rosell (província de Tarragona) i la població de Bel (província de Castelló) al sud dels Ports de Tortosa-Beseit (40°37'79N/000°12'43E) (Figura 7.6, Figura 7.7).

A aquesta zona hi aflora la part alta de la Fm. de Villaroya, de l'Aptià mitjà-superior. Aquesta formació està constituïda per materials carbonatats al damunt de la qual hi reposen, de forma concordant, les fàcies de siliciclàstics de la Fm. Escucha (Albià inferior-mig). Els materials carbonatats de la zona de Bel estan formada per nivells mètrics de wackestones-packstones i rudstones principalment d'òolits, rudistes (*Toucasia*), foraminífers (*Orbitolina parva*), ammonits, equinoderms i algues calcàries i dascicladals. Es tracta de les fàcies que tradicionalment s'han anomenat urgonianes, amb la presència d'esculls de coralls i algues calcàries (Salas, 1987). Aquests nivells estan parcial o totalment dolomititzats.

Els cossos dolomítics tenen una geometria més o menys tabular, amb la base i el sostre paral·lels a l'estratificació. Són cossos amb una potencia variable entre 2 i 50 m. La longitud dels cossos dolomítics varia entre hectomètrica i quilomètrica (Figura 7.8).

Les dolomies presenten una coloració grisa-beig, són de gra groller i a simple vista es distingeixen cristalls ròmbics zonats.

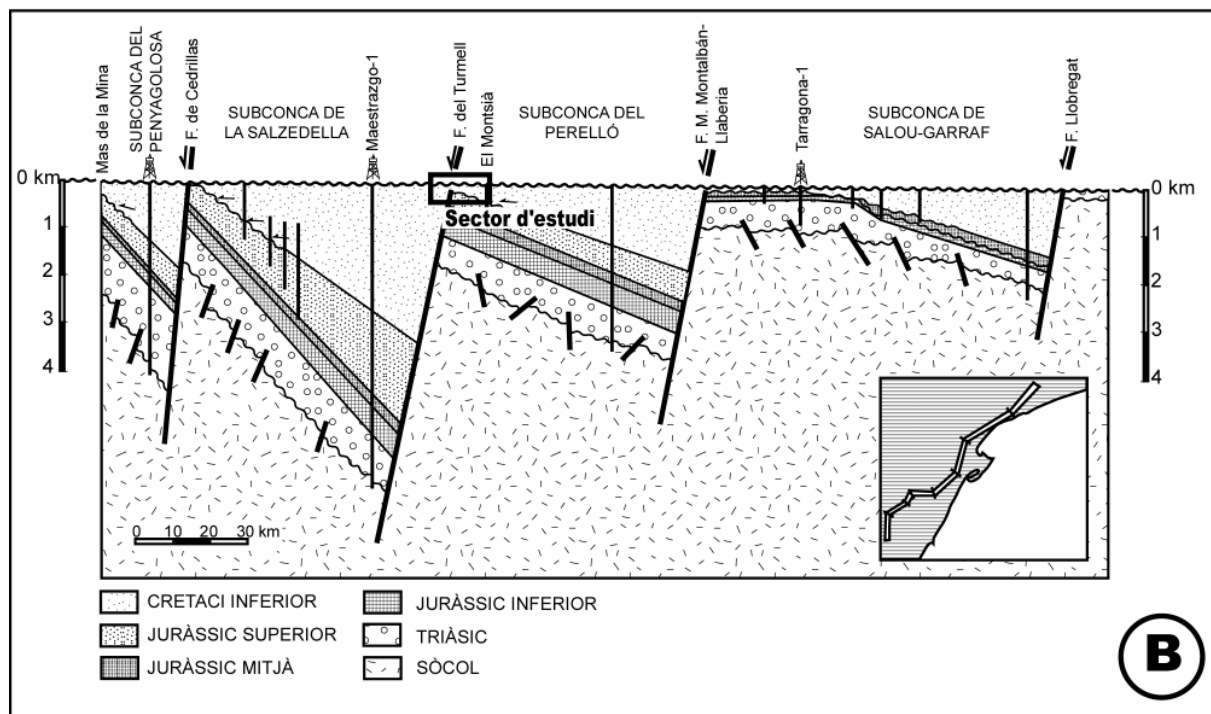
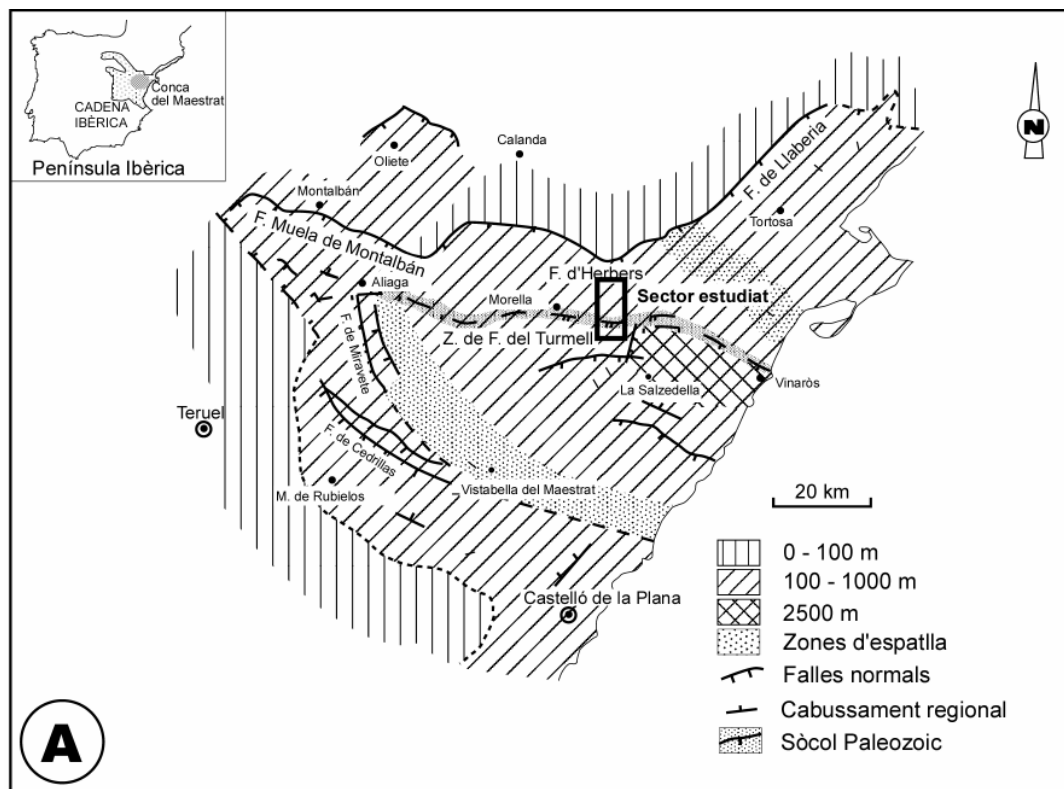


Figura 7.6. A. Situació geològica del sector del Turmell-Ports de Beseit dins la conca del Maestrat. B. Secció restituïda de direcció NE-SW del Permià superior-Albià mig de la conca del Maestrat i del Garraf, amb les principals subconques i zones de falla i la situació del sector estudiat (Salas *et al.*, 2000).

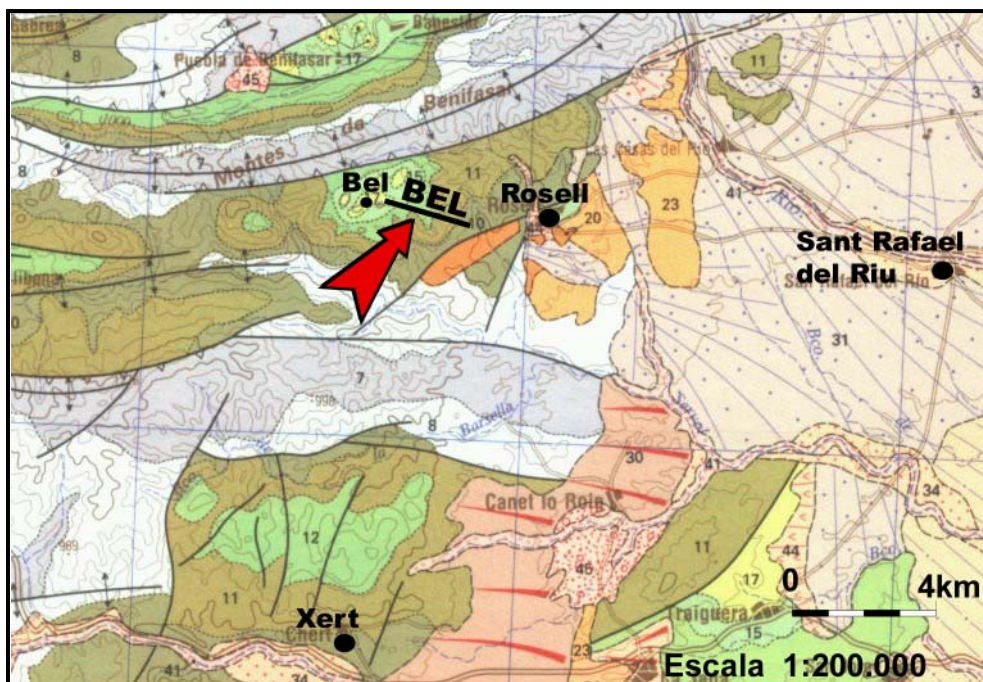


Figura 7.7. Situació de la zona de Bel en el mapa de Vinaròs 1:200.000. IGME, 1985.

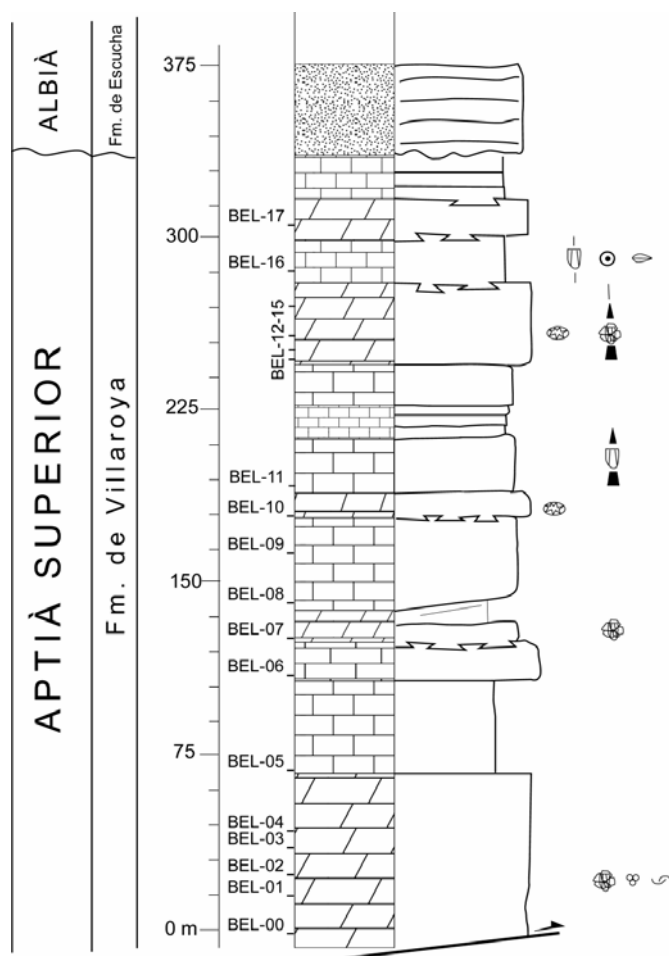


Figura 7.8. Columna estratigràfica de la zona de Bel amb la situació de les mostres estudiades

Petrologia

Els cossos dolomítics de la zona de Bel presenten tres litologies principals: dolomies, desdolomies i ciments de calcita postdolomitització.

Dolomies

Les tres petrografies de dolomies que hi ha a la zona de Bel són: els rombòedres de dolomita, les dolomies de reemplaçament i el ciment dolomític.

1. Els rombòedres de dolomita són cristalls euèdrics de mida variable entre 250 μm i 1,5 mm. Aquests rombòedres estan localment zonats, amb una o fins a 4 envoltes. L'espessor de les envoltes varia des de 20 μm fins a 60-70 μm . Algunes d'aquestes envoltes estan desdolomititzades (desdolomia zonada) (Figura 7.9A i 7.9B). Els rombòedres de dolomita reemplacen sovint a bioclastes. A mesura que el grau de dolomitització avança es formen mosaics de dolomies amb una envolta única (Figura 7.9B). Al microscopi de catodoluminiscència els rombòedres tenen el nucli no luminiscent i l'envolta és taronja opaca luminiscent.
2. Les dolomies de reemplaçament estan formades per cristalls subèdrics i euèdrics de mida variable entre 20 i 250 μm . Els cristalls subèdrics són de color fosc i no estan zonats, mentre que els cristalls euèdrics, generalment ròmbics, estan zonats i tenen el nucli fosc i una o diverses envoltes de color clar amb un gruix variable d'entre 10 i 50 μm . Localment alguna d'aquestes envoltes pot estar desdolomititzada. La fàbrica és penetrativa no destructiva (Figura 7.9C i Figura 7.9D). Les dolomies de reemplaçament tenen porositat intercrystal·lina, vacuolar o mòldica. Al microscopi de catodoluminiscència les dolomies de reemplaçament són taronja opaques.
3. El ciment dolomític està format per cristalls euèdrics ròmbics de dolomita de mida entre 150 i 300 μm amb el nucli fosc i les envoltes (de diversos espessors) més clares i algunes estan localment desdolomititzades. Aquests cristalls ocupen porositat vacuolar. Al microscopi de catodoluminiscència aquests cristalls són taronja opac luminiscent igual que les dolomies de reemplaçament.

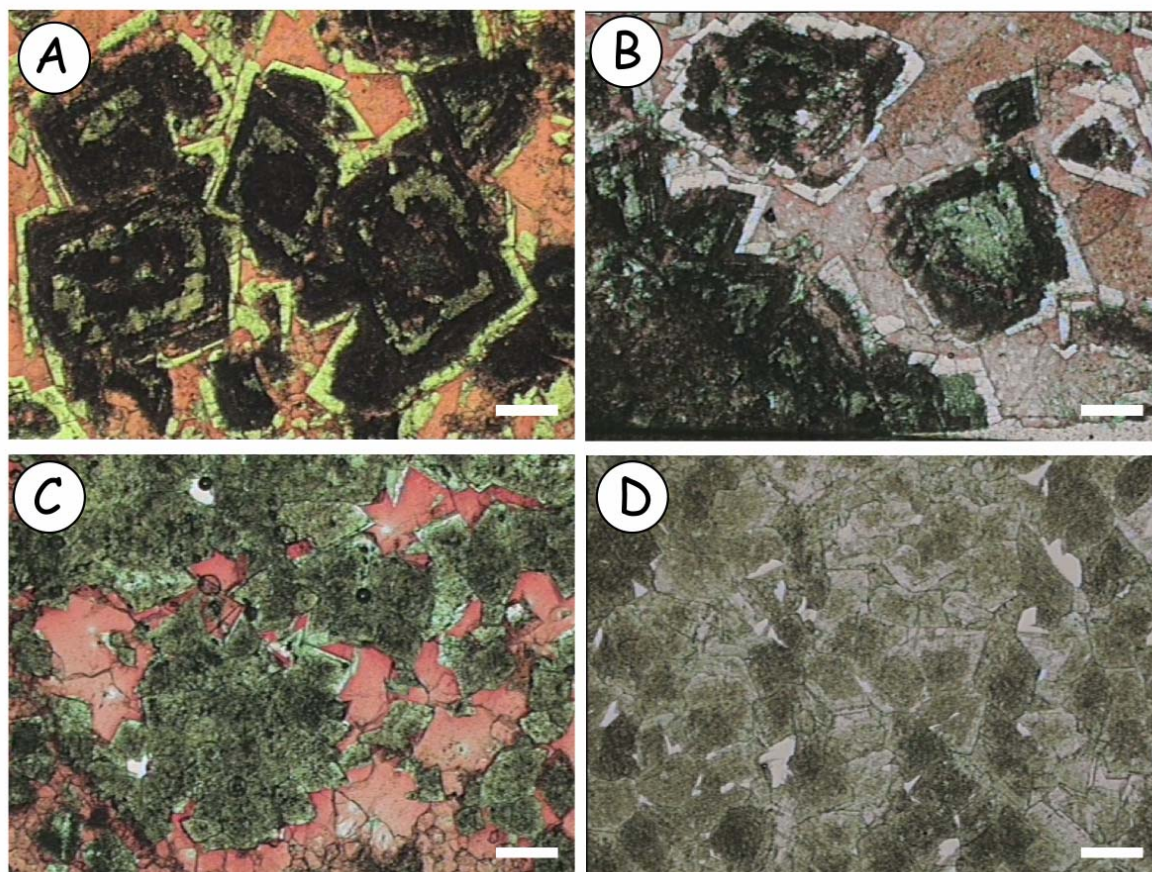


Figura 7.9. **A.** Rombòedres de dolomita zonats amb algunes de les envoltas desdolomititzades (desdolomies zonades). Mostra BEL-03. Barra de 250 μm . **B.** Rombòedres de dolomita amb un detritus dolomititzat en el nucli. Mostra BEL-03. Barra de 250 μm . **C.** Dolomies de reemplaçament, amb porositat intercrystal·lina omplerta per ciment esparític de calcita de tipus 2. Mostra BEL-08. Barra de 250 μm . **D.** Dolomies de reemplaçament. Mostra BEL-10. Barra de 250 μm .

Desdolomies

S'han distingit tres tipus de desdolomies: les desdolomies idiotòpiques, les desdolomies xenotòpiques i les desdolomies zonades.

1. Les desdolomies idiotòpiques estan constituïdes per rombòedres de calcita de mida variable entre 280 i 400 μm , formats al seu interior per un mosaic de cristalls anèdrics de calcita de 10 a 30 μm i de color fosc. Els rombòedres (originalment rombòedres de dolomita) reemplacen la matriu micrítica de la roca calcària encaixant i localment alguns bioclastes (Figura 7.10A i 7.10B). Alguns dels rombòedres poden estar parcialment dissolts. Al microscopi de catodoluminiscència les desdolomies idiotòpiques no són luminiscentes.

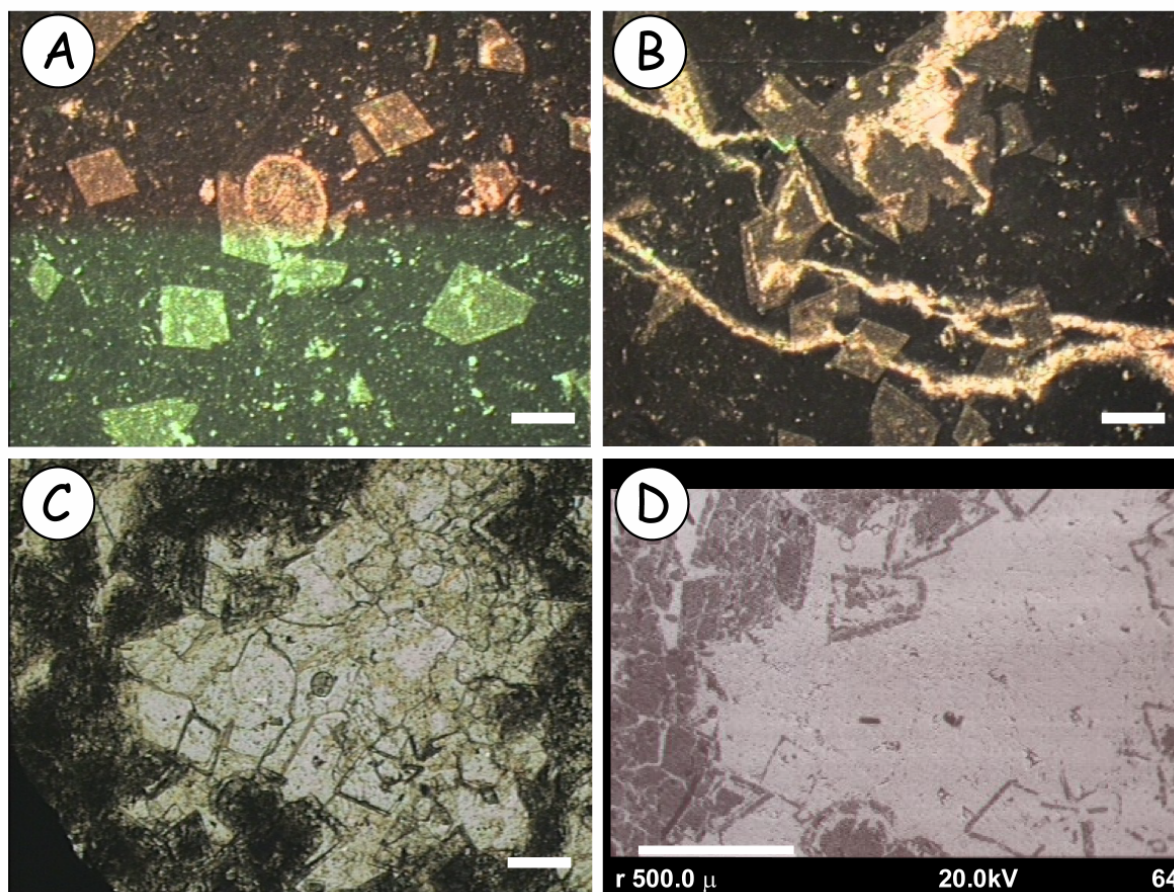


Figura 7.10. **A.** Desdolomia idiòtica. Els rombòedres reemplaçaven la matriu de la roca calcària encaixant. Mostra BEL-05. Barra de 350 μm . **B.** Desdolomia idiòtica amb fractures plenes de ciment esparític de calcita de tipus 2 que afecten els rombòedres. Mostra BEL-05. Barra de 350 μm . **C.** Ciment dolomític i ciment esparític de calcita de tipus 1. Mostra BEL-02. Barra de 250 μm . **D.** La mateixa imatge analitzada amb retrodispersats. Mostra BEL-02. Barra de 500 μm .

2. Les desdolomies xenotòpiques estan formades per mosaics de cristalls polimodals anèdrics de calcita. La mida dels cristalls varia des de $<20 \mu\text{m}$ (mida micrítica) fins a $200 \mu\text{m}$ (mida esparítica) i tenen un color fosc. La desdolomitització afecta a les dolomies de reemplaçament i al ciment dolomític. El grau de desdolomitització varia des de parcialment desdolomititzat fins a un 90-100 %. La porositat de les desdolomies xenotòpiques generalment és molt baixa però localment té porositat vacuolar ocupada per ciment esparític de calcita de tipus 1. Al microscopi de catodoluminiscència les desdolomies no són luminescents amb un puntejat taronja brillant.

3. Les desdolomies zonades estan constituïdes per cristalls euèdrics ròmbics i zonats, de mida variable. La desdolomitització afecta a algunes envolttes dels cristalls del ciment dolomític i dels cristalls euèdrics de les dolomies de reemplaçament (Figura 7.9A i 7.9B, Figura 7.10C i 7.10D). Localment també el nucli d'aquests cristalls pot estar desdolomititzat. El procés de

desdolomitització és centrípet i comença des de l'exterior del rombòedre cap a l'interior. Al microscopi de catodoluminiscència les bandes desdolomititzades no són luminescents però tenen un motejat groc brillant luminescent.

Ciments de calcita postdolomitització

Els ciments de calcita posteriors a la dolomitització són: el ciment esparític de calcita de tipus 1 i el ciment de calcita de tipus 2.

1. El ciment esparític de calcita de tipus 1 està format per cristalls equigranulars de mida variable, des de 250 µm fins a 2 mm. Aquests cristalls omplen porositats intercrystal.lina, vacuolar i fractures. El ciment esparític de calcita de tipus 1 està associat a desdolomies (idiotòpiques, xenotòpiques, i zonades) (Figura 7.9A i 7.9B, Figura 7.10C i 7.10D). Al microscopi de catodoluminiscència aquest tipus de ciment no és luminescent.

2. El ciment esparític de calcita de tipus 2 està format per cristalls equigranulars de mida superior a 500 µm. Són cristalls que ocupen porositat intercrystal.lina principalment. El ciment esparític de calcita no està associat a desdolomies (Figura 7.9C). Al microscopi de catodoluminiscència aquests cristalls no són luminescents tot i que a mesura que augmenta la mida dels cristalls apareixen unes bandes primes de color groc brillant luminescents que alternen amb bandes més gruixudes no luminescents.

Mineralogia: estequiometria

Les dolomies de reemplaçament són poc estequiomètriques i presenten un contingut en % molar de $MgCO_3$ que varia entre 39,1 i 45,7 % amb un valor mitjà de 42,8 % molar (Taula 7.5).

Les desdolomies xenotòpiques presenten valors molars de $MgCO_3$ des de sota els límits de detecció fins a 25,3 %. Les desdolomies zonades tenen valors molars de $MgCO_3$ entre límits de detecció i 16,8 % (Taula 7.5).

Geoquímica elemental

Les dolomies de reemplaçament presenten un contingut de Mn varia des de valors de sota els límits de detecció (<l.d.) fins a 220 ppm. El Fe té valors <l.d. fins a 6740 ppm, els valors de Sr i Na estan sota els límits de detecció. (Taula 7.5).

Les desdolomies xenotòpiques presenten uns valors de Fe que varien des de <l.d. a 6610 ppm, i el Mn, Sr i Na sempre tenen valors sota els límits de detecció. Les desdolomies zonades presenten valors de Fe entre l.d. i 1330 ppm. El Mn, Sr i Na tenen valors sota els límits de detecció (Taula 7.5).

El ciment esparític de calcita de tipus 1 té un contingut de Mg que varia des de <l.d. fins a de 8090 ppm i un contingut de Fe de 300 ppm. El ciment esparític de calcita de tipus 2 té un contingut de Mg que varia des de <l.d. a 3810 ppm. El contingut de Fe varia des de <l.d. fins a 1360. En ambdós casos el Mn, Sr i Na presenten valors per sota els límits de detecció corresponents (Taula 7.5).

		%Mg(CO ₃)	%Ca(CO ₃)	ppm Mn	ppm Fe	ppm Sr	ppm Na
Dolomies de reemplaçament	Màxim	45,7	58,9	220	6740	-	-
	Mínim	39,1	53,5	<l.d.	<l.d.	-	-
	Promig	42,8	56,4	-	-	-	-
	Desviació	1,6	1,5	-	-	-	-
		n=34	n=34	n=2	n=9		
Desdolomies xenotòpiques	Màxim	25,3	109,0	-	6610	-	-
	Mínim	<l.d.	74,4	-	<l.d.	-	-
	Promig	-	92,1	-	-	-	-
	Desviació	-	15,5	-	-	-	-
		n=3	n=4		n=2		
Desdolomies zonades	Màxim	16,8	101,8	-	1330	-	-
	Mínim	<l.d.	82,8	-	<l.d.	-	-
	Promig	-	97,9	-	-	300	-
	Desviació	-	4,1	-	-	-	-
		n=24	n=25		n=6	n=1	
		ppm Mg	ppm Ca	ppm Mn	ppm Fe	ppm Sr	ppm Na
Ciments de calcita postdolomitització	Ciment esparític de calcita de tipus 1	Màxim	8090	408250	-	-	-
		Mínim	<l.d.	390880	-	-	-
		Promig	-	399950	-	300	-
		Desviació	-	3810	-	-	-
			n=16	n=20		n=1	
Ciment esparític de calcita de tipus 2	Màxim	3810	407570	-	1360	-	-
	Mínim	<l.d.	395990	-	<l.d.	-	-
	Promig	-	403130	-	-	-	-
	Desviació	-	3730	-	-	-	-
		n=10	n=11		n=3		

Taula 7.5. Estequiometria i geoquímica elemental de les dolomies de reemplaçament, les diferents textures de desdolomies i dels ciments de calcita postdolomitització.

Isòtops estables

La composició isotòpica d'oxigen de la roca calcària encaixant (packstone) és de $-3,2$ ‰ PDB i la composició isotòpica de carboni és de $+2,8$ ‰ PDB. El valor de $\delta^{18}\text{O}$ de l'esquelet d'un rudista és de $-4,1$ ‰ PDB i el valor de $\delta^{13}\text{C}$ és de $+3,7$ ‰ PDB (Salas, 1987; Salas *et al.*, 1991) (Figura 7.11, Taula 7.6).

Les dolomies de reemplaçament presenten una composició isotòpica d'oxigen que varia entre $-3,6$ i $-2,6$ ‰ PDB, amb un valor mitjà de $-3,2$ ‰ PDB (Salas, 1987; Salas *et al.*, 1991). Els valors de $\delta^{13}\text{C}$ varien entre $+4,1$ i $+4,3$ ‰ PDB, amb un valor mitjà de $+4,2$ ‰ PDB (Figura 7.11, Taula 7.6).

El ciment esparític de calcita de tipus 2 té una composició isotòpica d'oxigen de $-6,5$ ‰ PDB i de carboni de $-4,7$ ‰ PDB (Figura 7.11, Taula 7.6).

	Mostra	Textura/mineralogia	$\delta^{13}\text{C}$ PDB	$\delta^{18}\text{O}$ PDB
Roca calcària encaixant	BEL-09	Packtone/calcita	+0,3	-5,9
	BEL-101*	Packtone/calcita	+2,8	-3,2
	BEL-16(2)	Rudista/calcita	+3,7	-4,1
Dolomies de reemplaçament	BEL-12	Dolomita	+4,3	-2,6
	BEL-100*	Dolomita	+4,2	-3,4
	BEL-102*	Dolomita	+4,1	-3,6
Ciment esparític de calcita de tipus 2	BEL-16(1)	Calcita	-4,7	-6,5

Taula 7.6. Composició isotòpica de carboni i oxigen de les principals litologies identificades a la zona de Bel. Les mostres amb * han estat obtingudes de Salas *et al.*, 1986; Salas, 1987; Salas i Martín-Closas, 1991.

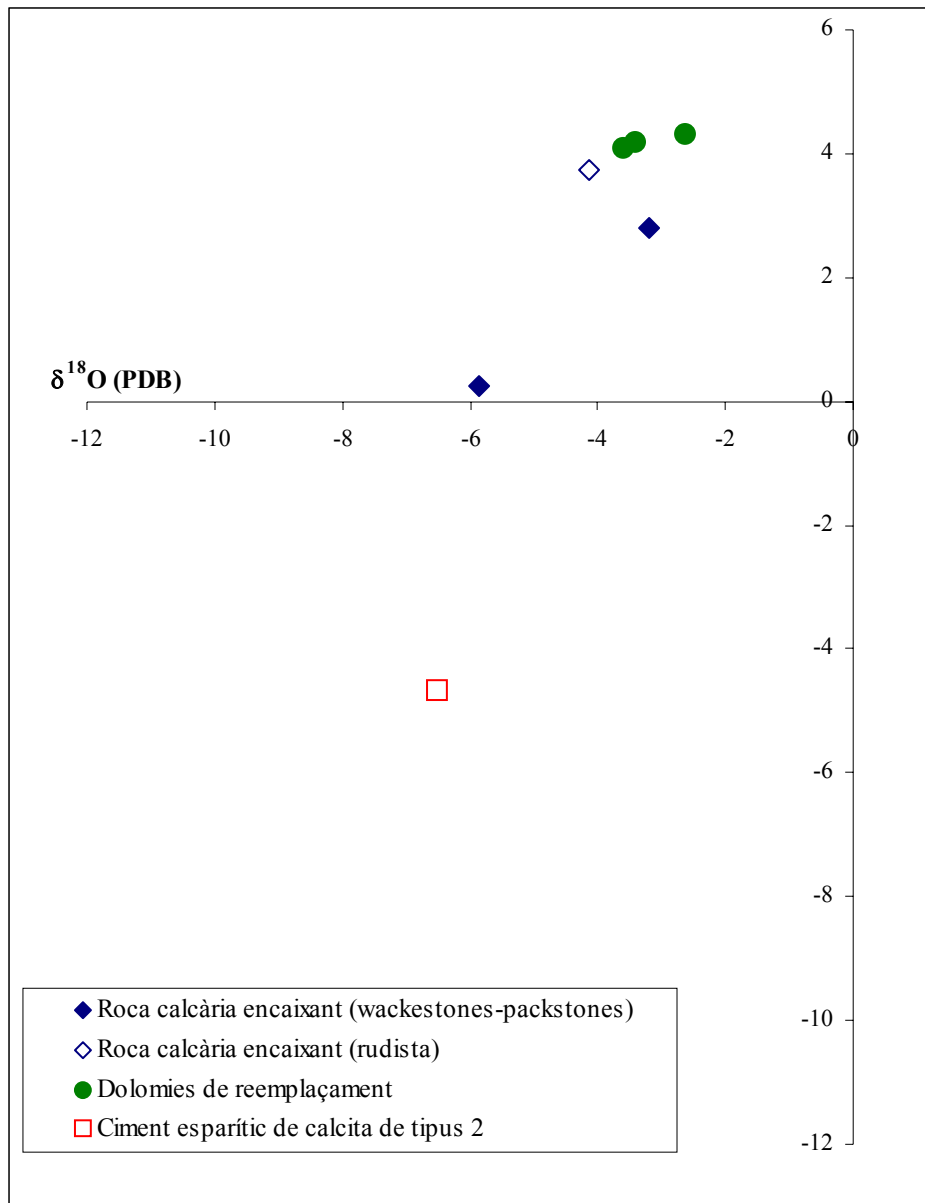


Figura 7.11. Composició isotòpica de carboni i oxigen de la zona de Bel.