

UNIVERSITAT DE BARCELONA
Facultat de Geologia
Departament de Geoquímica,
Petrologia i Prospecció Geològica

***SEDIMENTOLOGIA, PETROLOGIA I GEOQUÍMICA
(ELEMENTS TRAÇA I ISÒTOPS) DELS
ESTROMATÒLITS
DE LA CONCA EOCENA SUDPIRINENCA.***

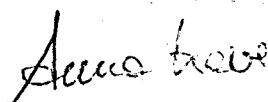
Anna Travé i Herrero

Barcelona'92

Tesi realitzada per ANNA TRAVÉ i HERRERO, al Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, i dirigida per la Dra. Isabel Zamarreño i el Dr. Juan José Pueyo, per optar al grau de Doctora en Geologia.

Barcelona, juny 1992

Anna Travé i Herrero



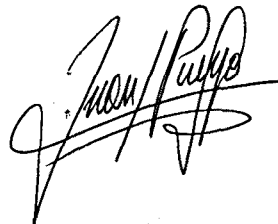
Codirectora:

Isabel Zamarreño



Codirector:

Juan José Pueyo



AGRAÏMENTS

• 1 -.INTRODUCCIÓ

Introducció i objectius.....	3
Pla de treball.....	5
Antecedents.....	7
Marc geològic i geogràfic.....	13

• 2 -.ELS ESTROMATÒLITS

Introducció als estromatòlits.....	23
Glossari de termes.....	29
Situació estratigràfica dels estromatòlits dins la Conca Eocena Sudpirinenca.....	31
Descripció de les fàcies suprajacents a l'estromatòlit	81
Petrologia dels estromatòlits.....	87
Macroestructura dels estromatòlits de la Conca Eocena Sudpirinenca.....	87
Microestructura i distribució estratigràfica de les diferents microfàcies estromatolítiques.....	89
Geoquímica dels estromatòlits.....	187
Determinació dels elements traça.....	188
Composició isotòpica dels carbonats estromatolítics.....	223
Variació espacial de les diferents microfàcies estromatolítiques.....	255

• 3- DESCRIPCIÓ DE LES FÀCIES DEL COMPLEX TERMINAL

Introducció.....	263
Els intervals siliciclàstics.....	265
Les unitats carbonatades.....	266
La Unitat Carbonatada Inferior.....	267
La Unitat Carbonatada Mitja.....	267
La Unitat Carbonatada Superior.....	268
Caracterització de les microfàcies de les unitats carbonatades Inferior i Mitja.	
Estudi de l'aflorament de Colluspina.....	269
Discussió.....	306

• 4- CARACTERÍSTIQUES I EVOLUCIÓ DE LA CONCA.

Introducció.....	311
Característiques	
Geometria i fondària.....	312
Característiques físico-químiques.....	313
Característiques biològiques.....	314
Relació carbonats-evaporites.....	315
Model sedimentari.....	318

• 5- RESUM I CONCLUSIONS.....

• 6- BIBLIOGRAFIA.....

ANNEX.....	357
------------	-----

AGRAÏMENTS

Aquesta memòria és el fruit de quatre anys de feina i de l'ajut de molta gent. Com tot treball, el seu desenvolupament s'ha esdevingut en diferents fases: un inici, un procés, i una fi. Cadascuna d'aquestes fases ha representat un temps, un esforç, i molta ajuda. Per això vull fer palès el meu agraïment a tots els que m'han ajudat a realitzar, i a finalitzar, aquest treball.

L'inici, fou el resultat de l'esforç i el recolzament d'Isabel Zamarreño, i de Juan José Pueyo que van acceptar la càrrega de dirigir aquesta tesi.

El procés, que representa l'etapa més llarga, és el fruit de la col·laboració de molts companys. En primer lloc, vull agrair a Isabel Zamarreño la seva direcció científica i el seu recolzament constant des del començament del treball, i al llarg de tot el desenvolupament de la tesi.

A Juan José Pueyo, per haver-me obert la curiositat dins el món de la geoquímica isotòpica, per haver-me facilitat els contactes amb la Universitat de Liverpool, i per les correccions finals d'aquesta memòria.

Als membres del departament "Earth Sciences" de la Universitat de Liverpool, molt especialment a Jim Marshall, Greg Samways, Jim Hendry, Hilary Attenborough, i a Julie Shearman, per tota l'ajuda tant tècnica com científica de l'anàlisi isotòpica.

A Rosa Utrilla i Xavier García, per acompanyar-me en algunes sortides de camp i ensenyar-me alguns aspectes dels dipòsits de guix, i també pels comentaris, les discussions, les crítiques, i les revisions.

A Josep Serra-Kiel, pel seu assessorament en els aspectes biològics i de context de conca, així com per la discussió, crítica i revisió dels resultats.

A Francesc Calvet, i a Cai Puigdefàbregas pels comentaris sobre el Complex Terminal.

A Carles Ferràndez i a Carles Martí i Closes, per la crítica i revisió de l'apartat de descripció de les unitats carbonatades Inferior i Mitja, i pels comentaris sobre els foraminífers i les algues crisofícies.

A Conxita Taberner, pel seu gran entusiasme a l'inici de la tesi, per les sortides al camp en els primers mostratges, i per la seva col.laboració al començament de l'estudi petrogràfic.

A Jordi Illa, Gemma, Victor, Pilar, Toni, Montse, Jordi, Lluís, Arturo, Pedro Sanz, i a tots els altres companys del Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, pel seu recolzament.

A la Rosa Maria Marimón, al Jaume Sánchez, i a la Laia Beltrán del Servei d'Anàlisi Geoquímica, per les anàlisis dels elements traça.

A Xavier Alcover, i Tomàs Muriel, del Servei de Difracció dels Serveis Científico-tècnics, per les anàlisis de raigs X.

A Ramón Fontarnau, Maria José Ferran, Carme Carulla i Anna Domínguez del Servei de Microscopia Electrònica dels Serveis Científico-tècnics, pels seus assessoraments en les sessions de microscopia.

A Joan Ros, Berta Andrés, Teo Moyano i Pep Agulló, per la delineació dels dibuixos.

A l'Adolf Samper, i al Vicenç Planellas, per l'elaboració de les làmines primes.

A Josep Maria Grosso, pel minuciós treball de correcció del català. Així com a Laura Rosell, Montserrat Inglès i, al Dr. Oriol Ribà, pel seu assessorament lingüístic.

A la Julià Abad i a la Pilar Calderón, secretaries del departament, per totes les qüestions burocràtiques.

A Greg Samways, a Barbara Churchill, i als de la masia de Can Salavert, per la seva hospitalitat, en diferents fases de la tesi.

Finalment, l'acabament d'aquest treball ha estat possible, gràcies a una fantàstica i molt apreciada bona direcció per part d'Isabel Zamarreño, i al recolzament de tots els meus companys i del Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica.

També vull agrair molt especialment al Pedro, i als meus pares, tot.

1.- INTRODUCCIÓ

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

En els darrers anys han estat molts els treballs realitzats sobre la sedimentació eocena marina a la Conca Eocena Sudpirinenca. Com es pot veure en l'apartat d'antecedents, aquests inclouen estudis litostratigràfics, sedimentològics, petrològics, geoquímics i, de correlació entre les diferents unitats.

Dins d'aquesta línia, l'any 1986 va ser atorgat un projecte d'investigació (CICYT PB86-0050) que amb el títol "Aplicació d'indicadors isotòpics al registre sedimentari de l'Eocè terminal. El cas de la conca evaporítica catalana", i sota la direcció del Dr. J.J.Pueyo, plantejava realitzar la caracterització geoquímica de les fàcies de trànsit marí-continental de la part alta de l'Eocè de la conca evaporítica: margues anòxiques, sulfats marginals i, carbonats oolítics i estromatolítics. Aquesta tesi doctoral, que s'inicià dins d'aquest programa amb l'objectiu de caracteritzar els darrers estadis de rebliment de la conca Eocena Sudpirinenca, té com a focus principal l'estudi petrològic i geoquímic dels carbonats estromatolítics presents a tot el vorell aflorant de la conca.

Aquesta tesi s'ha realitzat sobre la base d'un estudi detallat dels principals afloraments, i per tant, el gran nombre de dades que s'han obtingut i interpretat permetran aclarir algunes idees, i aportar-ne de noves, sobre els darrers estadis de rebliment i restricció del sector oriental de la Conca Eocena Sudpirinenca, previs a la sedimentació evaporítica.

Els objectius principals d'aquest treball són:

1. L'estudi estratigràfic, sedimentològic, petrològic i geoquímic, dels estromatòlits del vorell de la Conca Eocena Sudpirinenca com a entitat pròpia.
2. L'estudi estratigràfic, sedimentològic, i petrològic dels nivells associats als estromatòlits, especialment els nivells carbonatats rics en foraminífers aporcellanats.
3. Establir les característiques físico-químiques ambientals (temperatura, salinitat, clima,...) i geomètriques de la conca, durant l'interval en què van desenvolupar-se l'estromatòlit i les fàcies associades.
4. Conèixer les característiques de la conca quan deixaren de desenvolupar-s'hi els estromatòlits.
5. Conèixer les relacions entre els estromatòlits i les evaporites desenvolupades al centre de la conca.
6. I finalment, conèixer la història diagenètica que ha afectat a la conca des de la formació dels estromatòlits fins a l'actualitat, en la mesura que aquesta queda reflectida en els estromatòlits.

PLA DE TREBALL

Per aconseguir aquests objectius, i després de l'estudi bibliogràfic de les dades existents sobre l'àrea, es va realitzar una cartografia detallada dels estromatòlits, així com dels nivells estratigràfics infrajacent i suprajacent. Al llarg de la zona cartografiada es van aixecar sèries estratigràfiques, i es va fer el mostreig de camp.

Amb aquestes dades es va realitzar una caracterització estratigràfica, i sedimentològica dels estromatòlits i de les fàcies associades.

Després de seleccionar les mostres per a realitzar l'estudi mineralògic i petrogràfic, es van caracteritzar microbiològicament els estromatòlits, i els nivells infrajacent, amb especial atenció als nivells carbonatats, observant-se la variació espàcio-temporal de les distintes microfàcies.

També, per tal de recolzar les dades sedimentològiques i, observar la influència de les variacions del medi en el tipus d'estromatòlit, s'ha realitzat l'estudi geoquímic, tant d'elements traça, com de la composició isotòpica.

Les dades geoquímiques es van tractar amb mètodes estadístics, a fi de veure com s'agrupaven les mostres quan es consideraven totes les variables analitzades, i poder fer una interpretació objectiva dels diferents grups resultants.

Finalment, es realitzà la redacció de les discussions i de les conclusions.

Respecte a l'estructuració d'aquesta memòria, s'ha fet en sis capítols.

El primer, que és la introducció al tema, especifica els objectius i el pla de treball, i defineix el marc geogràfic i geològic.

El segon, que és el cos principal d'aquesta memòria, està centrat en l'estudi estratigràfic, petrològic i geoquímic dels estromatòlits. En aquest capítol s'intenta tractar les estructures estromatolítiques com una entitat pròpia.

En el tercer capítol es fa una descripció estratigràfica, sedimentològica i petrogràfica de les fàcies associades als estromatòlits, posant especial atenció als nivells carbonatats rics en foraminífers aporcellanats.

A partir de les dades obtingudes de l'estudi estratigràfic, sedimentològic, petrogràfic i geoquímic de l'estromatòlit i de les fàcies associades, s'han establert, en el capítol quart, les característiques del procés de rebliment i restricció de la conca, previ a la sedimentació evaporítica.

Finalment, el capítol cinquè resumeix les conclusions dels diferents apartats.

ANTECEDENTS

Per descriure els antecedents de l'àrea estudiada em remetré en primer lloc al treball de Reguant (1967) que en l'apartat de "situació de la investigació geològica" p.23-43, dóna una visió clara i sintètica de l'estat de coneixement respecte la sedimentació eocena a l'àrea de Vic des de 1847, en què Llobet i Vall-Llosera van realitzar el primer treball sobre la geologia d'aquesta àrea, fins l'any 1967.

En el llistat d'antecedents que cita Reguant (1967) sols voldria afegir el treball de Masachs (1954) el qual ja relaciona la sedimentació dels guixos de l'àrea d'Artés i Moià amb la regressió eocena, i correlaciona com a coetànis la deposició de margues i gresos continentals als vorells de la conca i la deposició dels guixos i les sals al centre d'aquesta.

Pel que fa a la descripció litostratigràfica de l'àrea estudiada, Reguant (1967) va fer el primer treball litostratigràfic de detall. Descriu tots els nivells dins de l'Eocè marí de l'àrea de Vic, i estableix un conjunt de formacions. A més, estableix una relació entre la litostratigrafia i la cronostratigrafia que li permet de veure canvis laterals i verticals, tant de litofàcies com de biofàcies, cosa que fins al moment no havien tingut en compte autors anteriors, i que li permet fer una anàlisi de les característiques de la conca i de la seva evolució paleogeogràfica i paleoclimàtica. A l'àrea d'Igualada, i per als materials de l'Eocè marí equivalents als descrits per Reguant (1967), Ferrer (1967, 1971) estableix un conjunt d'unitats litològiques. Les modificacions que cal destacar en les unitats definides per Ferrer són les de Palli (1972) que eleva el rang dels membres Collbàs, Igualada i Tossa a formacions i, per tant, la formació Santa Maria a grup. I, les d'Anadón (1978), que després de fer un estudi litostratigràfic, biostratigràfic, i cronostratigràfic, eleva el rang de la formació Pontils a Grup, subdividint-lo en diverses formacions degut a la seva gran complexitat interna. També eleva a rang de Formació el nivell de Mediona definit anteriorment per Rosell, Julià i Ferrer (1966).

Treballs més locals dins d'aquestes unitats litostratigràfiques permeten a diferents autors establir-ne equivalències en el temps, així, Ferrer, Rosell i Reguant (1968) proposen una equivalència temporal entre les calcàries esculloses de la Tossa i els guixos d'Òdena.

Colom, Via i Reguant (1970) assenyalen que els nivells de gresos i lutites vermelles continentals de Sant Boi de Lluçanès equivalen, al sud, a sediments marins de la part superior de les calcàries de St Martí Xic (part alta del Biarritzjà Superior).

Els materials continentals paleògens que limiten la base de la transgressió Biarritziana són descrits, entre les zones de Riells i Girona, per Colombo (1980), el qual defineix un conjunt de formacions.

Els dipòsits deltaics, esculls i sediments carbonatats superiors són tractats per Busquets (1973) i Vilaplana (1973), que relacionen els nivells carbonatats superiors de l'àrea de Sant Bartomeu amb els guixos del centre de la conca. Aquests autors suposen la conca oberta cap a l'est, de manera que els materials que ells estudien, dipòsits deltaics i esculls, actuarien com un llindar restringint la conca i permetent la deposició de les sals cap a l'oest. Aquests autors presenten una cartografia conjunta on apareix tot el vorell nord, est i sud de la conca, des de Sant Bartomeu del Grau fins a Calders.

Busquets (1975) i Vilaplana (1975) assenyalen que els esculls dels vorells de la conca són equivalents laterals de les evaporites del centre de la conca. A més, aquest darrer autor (Vilaplana, 1975) interpreta els nivells carbonatats rics en foraminífers aporcellanats existents en la part superior de la sèrie marina, com a formats en un ambient de *lagoon* per sobre dels guixos.

Vilaplana (1977) estudia la relació esculls-evaporites a l'àrea de Calders. Segons l'autor, les evaporites són equivalents, en el temps, al sostre dels esculls, mentre que el Complex de Calders (que inclou els nivells de foraminífers aporcellanats i els estromatòlits) seria posterior en el temps.

Estudis de detall de les paraseqüències de la part superior de la Seqüència Depositional de Milany han estat realitzats per Travé (1988) i López (1991).

Salas (1977) estudia el model del complex escullós de la Tossa de Montbui i, Salas, Alvarez i Esteban (1977) el del Puig Aguilera (Fm. la Tossa), en ambdós treballs s'observa que hi ha una equivalència lateral entre la Fm Tossa i la Fm. Igualada, degut a la progradació dels carbonats dins de les margues, i suggereixen que almenys part de la deposició de les margues d'Igualada s'hauria esdevingut en unes condicions restringides amb poc oxigen.

Salas (1979) fent un estudi de les relacions entre la Fm Tossa i les evaporites a l'àrea d'Igualada (guixos d'Òdena) marca una discordança entre la Fm. Tossa i els guixos, que fins aquell moment s'havien considerat coetànis, proposant una geometria de tascó contra tascó, entre els carbonats del vorell de la conca i els guixos del centre. A més, insisteix en la importància del caràcter progradant dels esculls, i del pas lateral de la formació Tossa a la formació Igualada.

Taberner (1978) presenta un model deposicional que mostra les relacions entre els dipòsits terrigènics i els carbonats a l'àrea de Vic. Santisteban i Taberner (1977, 1979, 1980, 1988), i Busquets, Reguant, Santisteban i Taberner (1986) mostren les relacions entre els cossos terrigènics i els esculls a l'àrea de Vic. La idea bàsica d'aquests treballs és la coexistència, en el temps, del desenvolupament dels esculls i la sedimentació activa terrigènica, així com el caràcter progradant dels esculls.

Anadón i Marzo (1975) fan l'estudi de la sedimentació molàssica a l'àrea de Montserrat, i més tard, Anadón i Marzo (1986) interpreten els diferents sistemes deposicionals eocens a Montserrat i a l'àrea d'Igualada.

Ingles (1983) estudià mineralògicament i geoquímicament els sediments lutítico carbonatats del marge de la depressió de l'Ebre.

Taberner, Pueyo i Rosell-Ortiz (1985) en l'estudi sedimentològic i geoquímic de les margues anòxiques, expliquen que l'estratificació de les aigües, que hauria donat lloc a les condicions d'anòxia, podria estar relacionada amb un esdeveniment més global de descens del nivell de la mar. També expliquen que, l'entrada intermitent de sediment a la conca trencaria l'estratificació de les aigües originant la formació de cicles.

L'any 1977 Ortí i Palou en un estudi dels guixos d'Òdena, consideren que al vorell de la conca s'hi desenvolupen "algal mats", i que a mesura que augmenta el grau de restricció de la conca, la precipitació del guix reemplaça el creixement dels tapissos algals.

La petrologia de les sals ha estat estudiada per San Miguel i Pueyo (1971), Pueyo i San Miguel (1974) i Pueyo (1975). Pueyo (1975) presenta un estudi petrològic i geoquímic de les evaporites de la conca central catalana. Aquest autor considera que la sedimentació evaporítica es donava en el fons de la conca, mentre que als marges existien coetàniament creixements d'esculls. L'autor suposa l'existència d'una picnoclina que evitava que la salmorra del fons entrés en contacte amb l'aigua on s'estaven formant els esculls.

Pel que fa a treballs paleontològics cal assenyalar que Ferrer (1971), i posteriorment Caus (1975), daten les formacions Collbàs, Igualada, Tossa i Artés com a biarritzianes i priabonianes, i correlacionen la formació Tossa amb els guixos del centre de la conca. Serra-Kiel (1981) en l'estudi de la sistemàtica, filogènia, biostratigrafia i paleobiologia dels nummulits, diferencia una fauna mediterrània d'una atlàntica, i dóna la hipòtesi de què les conques Navarro-Aragonesa i Catalana van estar separades almenys durant el Lutecià superior, per després tornar-se a unir durant el Biarritzià i Priabonià. Teixell i Serra-Kiel (1988) estudien la sedimentologia i la distribució dels foraminífers en l'Eocè mitjà i superior de la conca de l'Ebre, i finalment, Busquets, Reguant, Serra-Kiel i Taberner (1991) mostren la relació entre el registre bentònic i l'anàlisi sedimentològica a l'àrea de Vic.

Riba (1971) descriu els materials continentals que terraplenen la conca, i més tard, Saéz (1987) estudia els dipòsits lacustres del límit Eocè-Oligocè.

Busquets (1981) i, posteriorment Barnoles *et al.*, (1981/1982), presenten una evolució paleogeogràfica de la conca i de les formacions evaporítiques del centre. Segons aquests autors existeixen dos nivells de foraminífers aporcellanats, cada un dels quals passa, cap al centre de la conca a "algal mats" i, més al centre, a guixos. El primer d'aquests nivells es troba intercalat entre dos creixements d'escull, la qual cosa els fa suposar que, almenys per la part alta del Priabonià, la conca era oberta cap a l'est on les condicions eren més marines, mentre que la part oest estaria ocupada per una zona més restringida amb formació d'evaporites.

Taberner (1983) fa un estudi de l'evolució ambiental i diagenètica dels dipòsits paleocens i eocens de la conca de Vic. En aquest estudi, les sèries hipersalines de l'Eocè Superior de la Conca d'Avantpaís Sudpirinenca representen la transició entre sediments marins normals i les associacions de fàcies continentals, i es desenvolupen, almenys a les àrees marginals, en forma de recobriment expansiu (*onlap*) sobre les plataformes mixtes carbonato-siliciclàstiques eocenes que rebleixen la conca.

Taberner i Santisteban (1984) presenten un treball sobre la sedimentació en ambient marí, restringit i hipersalí, en el trànsit Eocè-Oligocè en el sector de Vic. La seqüència que descriuen aquests autors és, de la base al sostre: margues anòxiques, un nivell d'estromatòlit, un nivell carbonatat amb oòlits i miliòlids, un nivell d'estromatòlit, un

nivell evaporític, i al sostre, dipòsits terrigènics lacustres. Al conjunt l'anomenen Complex Post-escullós de Rebliment de la Conca, terme que ja havia utilitzat Taberner (1983).

Utrilla (1989) amb l'estudi de la composició isotòpica de $\delta^{34}\text{S}$ i $\delta^{18}\text{O}$ dels sulfats del vorell de la conca estableix un origen clarament marí per aquests dipòsits evaporítics.

Diferents esquemes de correlació de les unitats litostratigràfiques del vorell sud de la conca de l'Ebre, han estat realitzats per Riba *et al.*, (1975, 1983); Busquets *et al.*, (1985) (fig 1); i, Anadón *et al.*, (1985b).

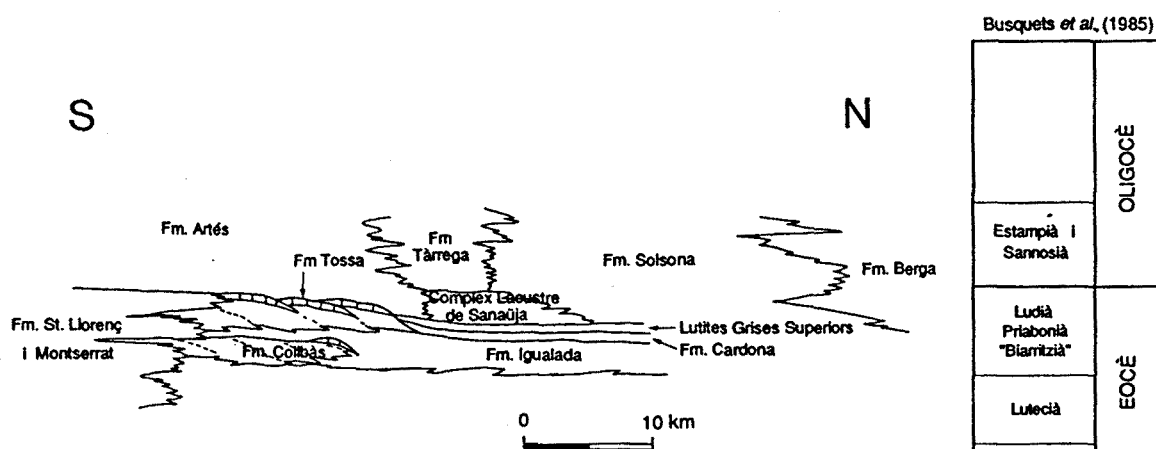


Figura 1.- Esquema de correlació proposat per Busquets *et al.*, (1985) per la part alta de l'Eocè superior i la part baixa de l'Oligocè, en la part oriental de la Conca Sudpirinenca.

Són importants les dades de Plaziat (1970, 1977), i Colom (1971) que assenyalen que durant l'Eocè, als Pirineus i àrees de latitud semblant existeix un clima càlid de característiques subtropicals.

I també cal ressaltar l'estudi realitzat per Rosell-Ortiz (1983) a la conca potàssica de Navarra on troba materials equivalents.

L'existència dels nivells estromatolítics estudiats en aquest treball, més o menys de forma contínua a tot el vorell nord, est, i sud de la Conca d'Avantpaís Sudpirinenca, ha estat citada per diferents autors, entre els quals cal destacar: Vilaplana (1973, 1975 i 1977) en la zona de Calders, Taberner (1978 i 1983), Busquets (1981), Barnoles *et al.* (1981/1982), Rosell-Ortiz (1983) i Busquets, Reguant, Santisteban i Taberner (1986) a la zona de Vic, i Ortí i Palou (1977), Salas, 1979) i Plaziat (1981) a la zona d'Igualada.

Fins ara, aquests estromatòlits s'han considerat, juntament amb les fàcies oolítiques, les fàcies de foraminífers aporcellanats, i les margues anòxiques infrajacsents, com dipositats en un medi hipersalí. L'estudi efectuat en aquesta tesi permet precisar que les fàcies carbonatades infrajacsents als estromatòlits han estat formades en medis de salinitat marina normal, i que els caracters hipersalins no queden enregistrats en la conca fins el moment en que es desenvolupen els estromatòlits.

MARC GEOLÒGIC I GEOGRÀFIC.

La conca de l'Ebre és una depressió terciària situada al nord-est de la península Ibèrica i limitada per tres lindars muntanyencs que li donen una morfologia triangular, al nord els Pirineus, al sud i sud-est la serralada Costanera Catalana i a l'oest la serralada Ibèrica.

La sedimentació en aquesta conca va estar condicionada en gran part per l'emplaçament de les unitats encavalcants del vorell nord (Pueyo, 1975; Rosell-Ortiz, 1983; i Puigdefàbregas *et al.*, 1986).

Quant al rebliment d'aquesta conca, es tracta exclusivament de materials terciaris (paleògens i neògens). La conca és dissimètrica i presenta el màxim gruix de sediments prop del vorell nord, on la potència arriba a ésser de 3600 a 5000 metres (Riba *et al.*, 1975). La forta dissimetria de la conca sedimentària reflecteix un fort descens del basament preterciari cap al nord (Riba *et al.*, 1975). Els materials terciaris i el basament de la conca de l'Ebre s'enfonsen per sota del front d'encavalcament sudpirinenc, reposant sota les unitats al·lòctones sudpirinenques, esllavissades i despalçades cap al sud. A la conca de l'Ebre el repartiment dels materials terciaris es realitza de manera que els materials més antics (paleògens) afloren a la zona més oriental, mentre que els més moderns (neògens) ho fan a la part central i occidental de la conca. En el vorell sud els materials Paleògens descansen en discontinuïtat o en discordança angular sobre diversos materials preterciaris. En els vorells de la conca abunda la sedimentació molàsica caracteritzada per grans masses conglomeràtiques, que cap al centre de la conca esdevenen material més fi (Riba *et al.*, 1975).

L'evolució estructural de la Conca de l'Ebre pot ser explicada a grans trets per dos fets. En primer lloc, aquesta evolució fou controlada pel desplaçament relatiu i per la col·lisió obliqua entre les plaques d'Euràsia i àfrica, que va tenir lloc des del Cretaci mitjà fins al Miocè amb la col·lisió continent-continent durant l'Eocè i la subseqüent subducció de la litosfera Africana per sota de l'Europea (fig. 2) (Scandone, 1980 i Dercourt *et al.*, 1986).

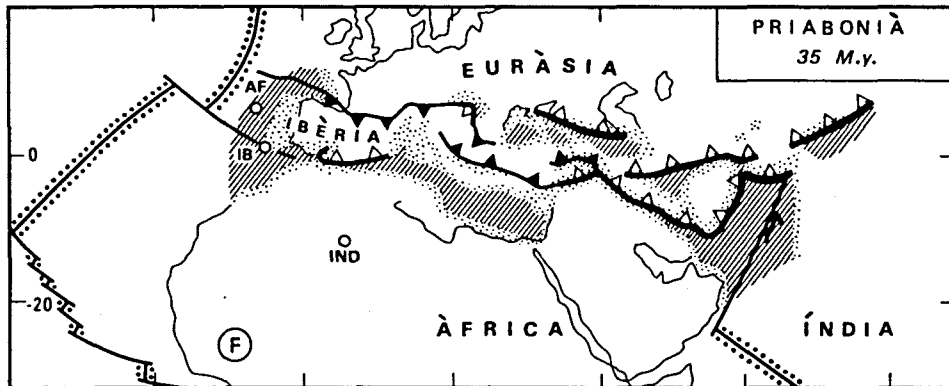


FIGURA 2.- Esquema sintètic de la situació estructural durant el Priabonià. Segons Scandone (1980) i Dercourt *et al.*, (1986).

El segon fet important és el que va ocórrer entre el Cretaci Superior i el Paleogen, es tracta de la col·lisió entre la placa Europea i la Ibèrica que produeix un escurçament N-S, que afecta principalment al Nord-est de la península Ibèrica (Hossack *et al.*, 1984; Muñoz *et al.*, 1986).

Pel que fa al marge sud de la conca de l'Ebre, en resposta a la compressió alpina, les principals estructures que s'hi desenvolupen són un sistema de falles de sòcol, de tipus *strike slip* amb una direcció NE-SW, disposades en *échelon* i amb joc sinistre, i algunes estructures transversals, orientades NW-SE amb desplaçaments més petits (Anadón *et al.*, 1986).

Tot i que el marge sud-est d'aquesta conca fou tectònicament actiu durant el Paleogen, aquesta activitat fou de menor importància que la del marge nord durant el mateix període, per la qual cosa la Serralada Costanera Catalana s'ha considerat sempre el marge passiu de la Conca d'Avantpaís Sudpirinenca (Puigdefàfregas *et al.*, 1986).

Localment, té lloc l'encavalcament de làmines de basament per sobre de la cobertora triàsica i dels dipòsits sintectònics paleògens (escates dels Brucs, i de les Pedritxes).

Al llarg del marge SE de la conca d'avantpaís el moviment de les diferents falles va començar en diferents temps, originant el desenvolupament diacrònic de ventalls al·luvials

conglomeràtics al llarg del marge de la conca, des del començament de l'Eocè (a la zona de Sant Llorenç del Munt) fins l'Oligocè inferior (a la zona del Montsant) (Anadón, 1978; Anadón *et al.*, 1985b).

Durant l'Eocè mitjà i superior (Bartonià mitjà-superior i Priabonià), l'activitat tectònica d'aquesta falla va continuar i, com a resultat d'un aixecament general del nivell de la mar (transgressió Biarritziana), els ventalls al·luvials van evolucionar a un sistema coalescent de diversos *fan-deltas*. Aquests dipòsits conglomeràtics i gresosos dels *fan-deltas* passen lateralment cap a l'interior de la conca a una potent sèrie de dipòsits margosos de plataforma i prodelta. Les variacions de l'activitat tectònica al llarg del marge de conca, de la subsidència, i del subministrament de sediment donaren lloc a repetides fases transgressives i de progradació dels diferents *fan-deltas* (Anadón *et al.*, 1985a).

Segons Puigdefàbregas *et al.*, (1986) en el sector català o NE de la conca d'avantpaís es poden reconèixer nou seqüències deposicionals (fig. 3 i 4) agrupades alhora en tres grans cicles sedimentaris separats per dos episodis evaporítics (seqüències de Beuda i Cardona).

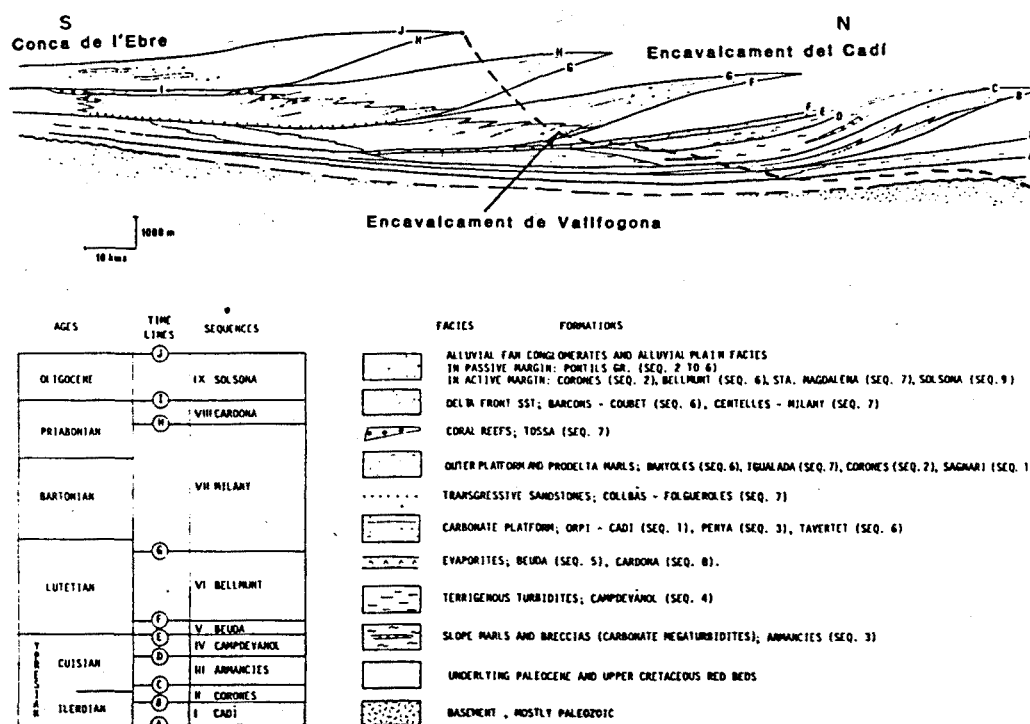


FIGURA 3.- Tall transversal del sector oriental de la Conca Sudpirinenca mostrant les seqüències deposicionals i les fàcies sedimentàries que les constitueixen. La localització de l'encavalcament de Vallfogona separa les fàcies actualment aflorants en la làmina encavalcant del Cadí i les fàcies aflorants a la part autòctona de la Conca d'Avantpaís. Segons Puigdefàbregas *et al.* (1986).

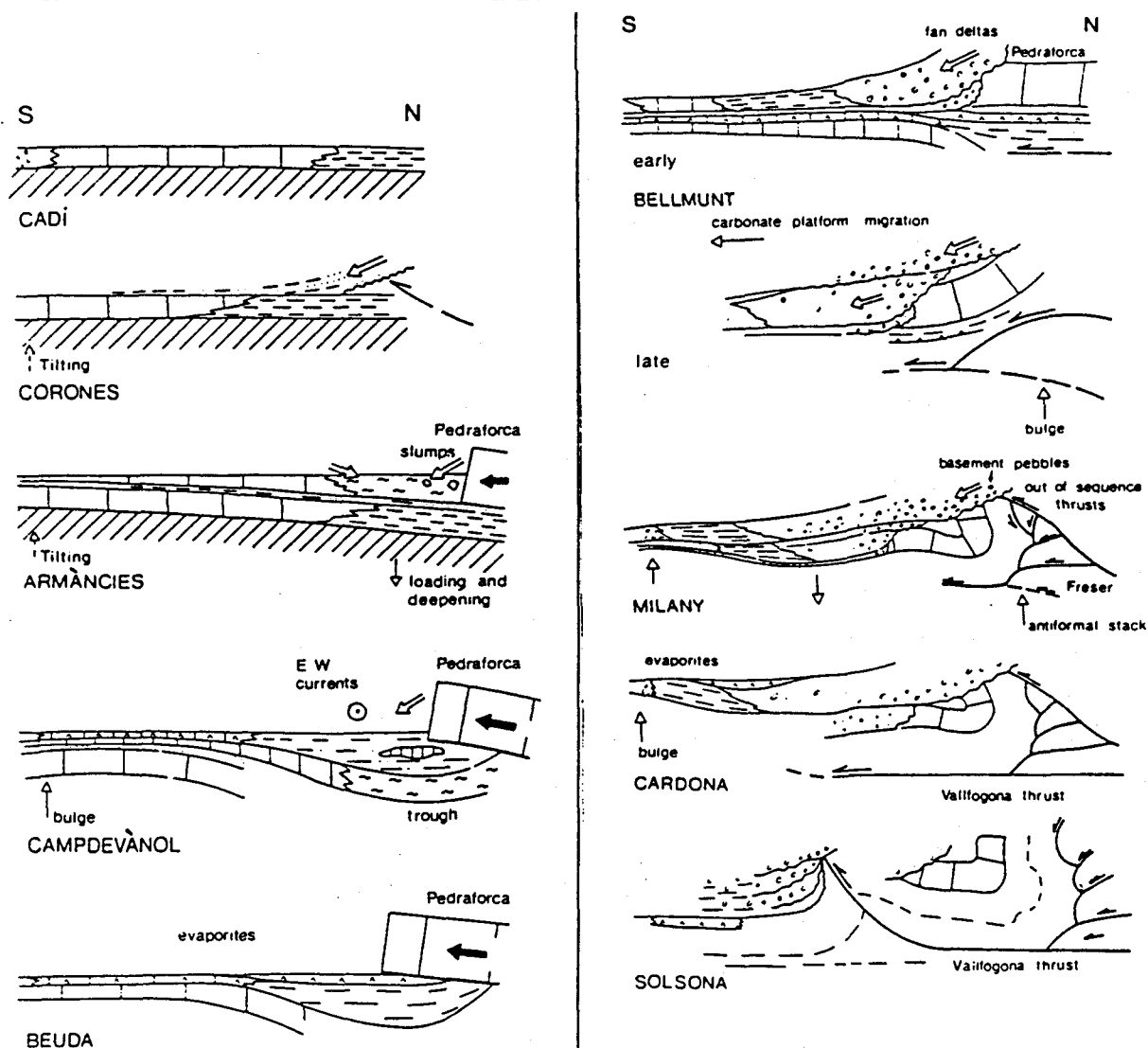


FIGURA 4.- Representació esquemàtica de l'evolució tectosedimentària del sector oriental de la Conca Subpirinenca. Segons Puigdefàbregas *et al.*, (1986).

El primer cicle, que inclou les seqüències Cadí, Corones, Armànies i Campdevàdol, coincideix amb l'emplaçament submarí de les làmines encavalcants superiors (Pedraforca i Empordà) i es caracteritza per la progressiva diferenciació d'un solc sedimentari al llarg del marge nord de la conca degut a la sobrecàrrega tectònica. L'eix d'aquest solc, reblert per fàcies carbonatades de talús i turbidites, va experimentar amb el temps una migració cap al sud.

El segon cicle inclou les seqüències de Bellmunt i Milany, i coincideix amb el desenvolupament de l'apilament antiformal del Freiser i d'encavalcaments fora de seqüència que fan aflorar importants volums de roques del Paleozoic. El rejuveniment del relleu va induir una fase de progradació deltaica cap al sud, al mateix temps que el depocentre de la conca seguia migrant en la mateixa direcció (fig. 5).

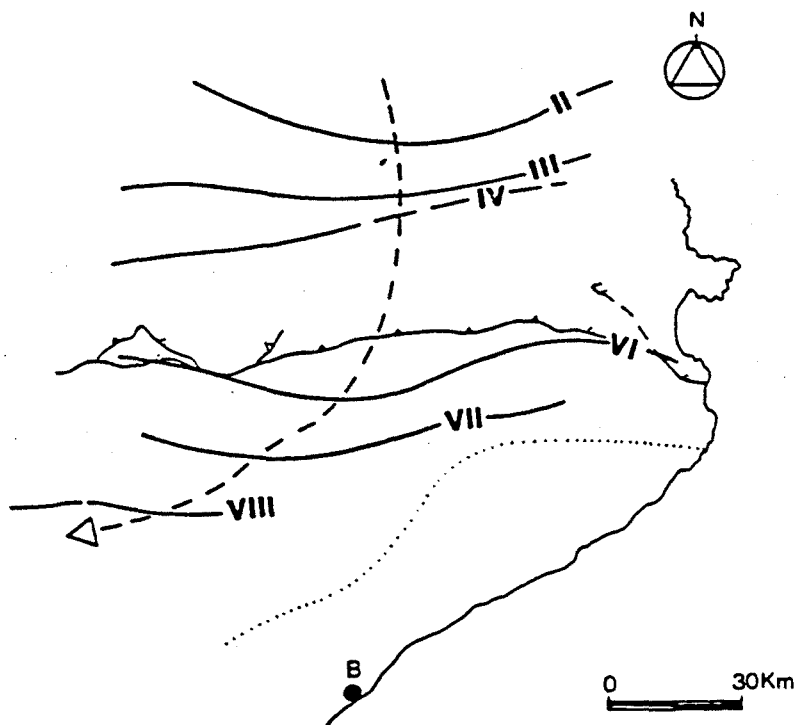


FIGURA 5.- Migració dels depocentres de les successives Seqüències Deposicionals (de la II a la VIII) durant l'evolució de la Conca Eocena Sudpirinenca. Segons Puigdefàbregas *et al.*, (1986).

Durant aquest cicle sedimentari part de les seqüències deposicionals anteriors són replegades i incorporades a les estructures encavalcants del marge nord de la conca.

Durant el tercer cicle, que inclou una sola seqüència (Solsona), es va produir l'"emersió" de l'encavalcament de Vallfogona, de forma que gran part dels materials dipositats prèviament prop del marge septentrional de la conca foren incorporats a la làmina encavalcant del Cadí. Els relleus associats al front de l'encavalcament de Vallfogona, subministren sediments clàstics a un conjunt de ventalls al·luvials lateralment connectats amb àrees lacustres cap al centre de la conca.

Els materials estudiats en aquest treball es situen al vorell nord-oriental, est i sud de la part oriental de la conca de l'Ebre. Es tracta de sediments d'edat priaboniana que dins de les seqüències definides per Puigdefàbregas *et al.*, (1986), es localitzen al final del segon gran cicle sedimentari, al sostre de la seqüència Milany (VII) limitada a la base per la transgressió biarritziana i al sostre per l'episodi evaporític de Cardona d'edat priaboniana.

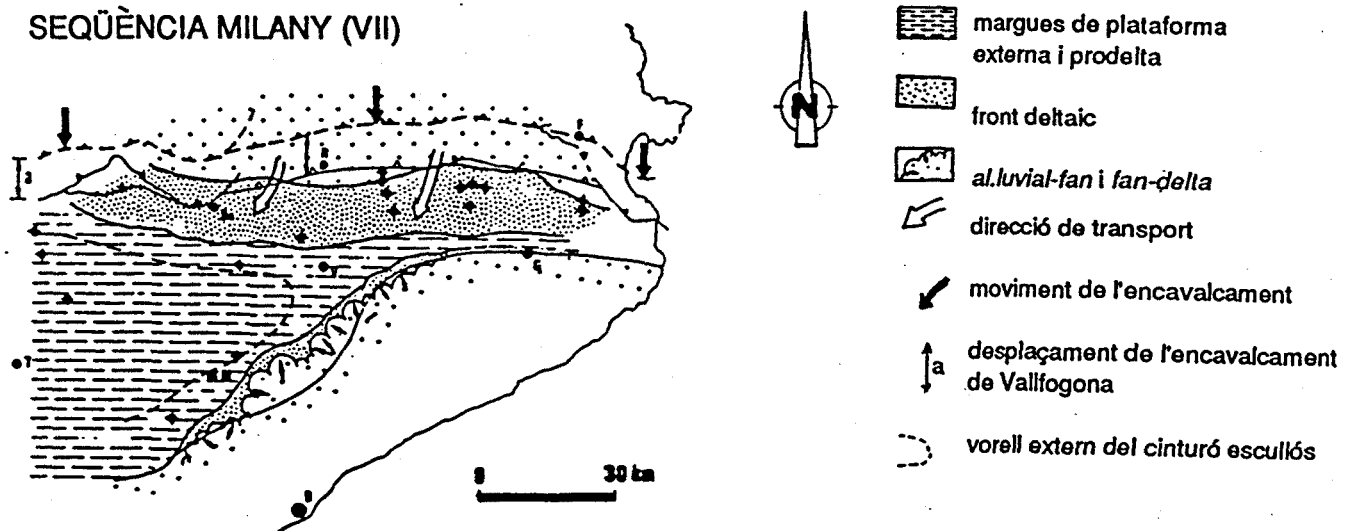


FIGURA 6.- Mapa de distribució de fàcies de la seqüència Milany (Lutecià Superior- Bartonian). Segons Puigdefàbregas *et al.* (1986).

La Seqüència Depositional de Milany (fig. 6) és formada als marges nord i sud per sistemes deltaics que prograden cap al centre de la conca (Barnoles *et al.*, 1981/1982; Taberner, 1983), formats per paraseqüències d'*offlap-onlap* (Travé, 1988; López, 1991). Els intervals d'*offlap* són representats per les fàcies progradants deltaiques i els intervals d'*onlap* per esculls coral·lins de tipus barrera. La fi de la sedimentació marina a la Conca d'Avantpaís Sudpirinenca és representada pels materials evaporítics de la Formació Cardona (Riba, 1967) o Seqüència Depositional de Cardona (Puigdefàbregas *et al.*, 1986). La peneplanació de la conca finalitza amb la sedimentació molàssica paleògena superior- neògena inferior de la Seqüència Depositional de Solsona (Puigdefàbregas *et al.*, 1986).

Com ja hem dit, els materials estudiats es localitzen entre la Seqüència Depositional de Milany i la Seqüència Depositional de Cardona. Aquest interval és representat per un conjunt de fàcies, que inclouen nivells carbonatats amb foraminífers aporcellanats, margues anòxiques, i carbonats estromatolítics, que reflecteixen la progressiva restricció i peneplanació de la conca.

Geogràficament, la zona estudiada (fig 7) inclou parts de diferents comarques interiors catalanes. Es tracta d'una franja, pràcticament contínua, que s'estén des del nord de Sant Bartomeu del Grau (a la comarca d'Osona) fins a Navarcles (a la comarca del Bages). D'altres localitats que travessa aquesta franja són Santa Eulàlia de Riuprimer, Tona, Collsuspina, Moià, Calders, i Artés.

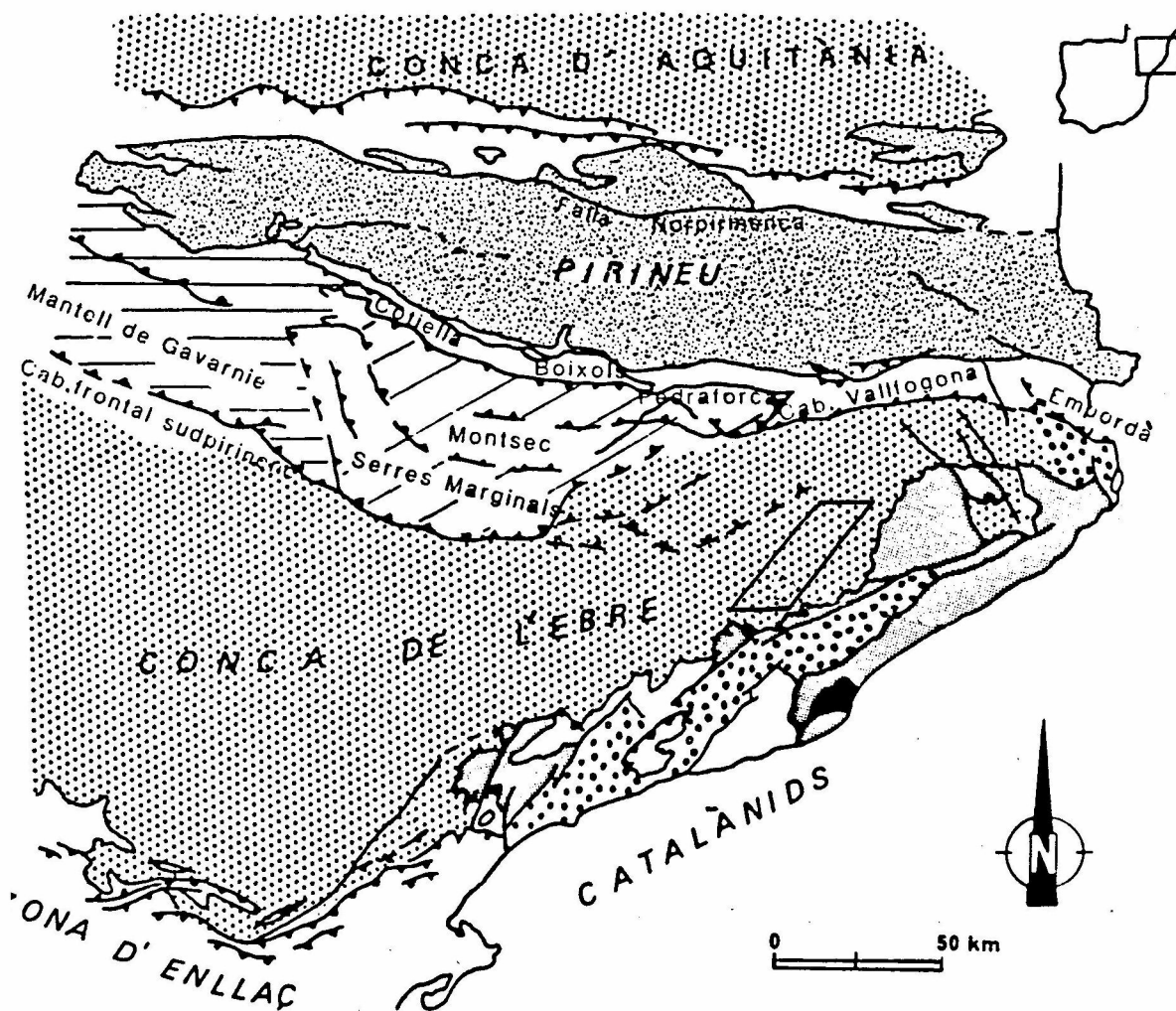


FIGURA 7.- Localització de l'àrea estudiada a la conca de l'Ebre.

2- ELS ESTROMATÒLITS

INTRODUCCIÓ ALS ESTROMATÒLITS

El primer en donar una definició i utilitzar el terme estromatòlit va ser Ernst Kalkowsky (1908), construint el nom a partir de les paraules gregues "stroma" (estrat), i "lithos" (pedra). Kalkowsky va utilitzar el terme "stromatolith" per referir-se a l'aspecte laminat de les roques produït per organismes que "eren tan petits que sols s'ha conservat l'estructura dels seus agregats". Aquest autor també va introduir el terme "stromatoid" per definir estructures individuals amb làmines més o menys planes però amb una tendència a presentar morfologies convexes.

El terme "estromatòlit" ha estat, des de la seva creació i durant molts anys, un terme molt discutit, tant pel desconeixement dels diferents organismes que podien originar-los, com per la manca d'uns acords mínims a l'hora d'utilitzar-lo. Així, per alguns autors la definició del terme és purament descriptiva, mentre que per d'altres té implicacions genètiques. Semikhatov *et al.*, (1979, p. 993) prefereixen utilitzar el terme estromatòlit com a purament descriptiu sense implicar cap tipus de gènesi, i restringeixen el seu ús a estructures litificades i laminades que creixen a partir d'un punt o d'una superfície. Tanmateix, l'article mostra la diversitat d'opinions respecte aquesta definició. Aquestes diferències en l'ús del terme han fet que es digués, dels estromatòlits, que són un misteri tradicional (Kerry Kelts, in Kennard i Burne, 1989), o que, "l'única característica unificadora dels estromatòlits és la seva gènesi" (Walter, 1976), o que "quasi bé tot allò que existeix sobre els estromatòlits ha estat i segueix essent, en major o menor grau, controvertible" (Ginsburg, 1991). Tampoc existeixen acords en quant al tipus d'estructures que inclou el terme estromatòlit, així, uns autors inclouen en el mateix terme tant les estructures laminades com les no laminades (Awramik i Margulis, 1974; Walter, 1976), mentre que d'altres autors

són partidaris d'utilitzar el terme estromatòlit sols per aquelles estructures que internament presenten laminacions (Krumbein, 1983), i recórrer al terme trombòlit, creat per Aitken (1967), per descriure carbonats d'origen microbià no laminats de fàbrica grumollosa.

La definició actualment més acceptada d'estromatòlit és la donada per Awramik i Margulis (1974), que té en compte la seva gènesi, i que defineixen com unes estructures organo-sedimentàries originades per l'atrapament, i retenció de sediment per microorganismes, principalment cianobacteris. Walter (1976) afegeix a aquesta definició que un altre possible origen pot ser la precipitació de partícules fines com a resultat del creixement i de l'activitat metabòlica de microorganismes. Aquesta definició d'estromatòlit d'Awramik i Margulis (1974), inclou tant les estructures laminades com les no laminades (trombòlits).

Burne i Moore (1987) van definir el terme *microbialite* per referir-se a totes les estructures organo-sedimentàries formades per la interacció entre la comunitat bentònica microbiana i el seu ambient, i van aconsellar que el terme estromatòlit es fes servir únicament per referir-se a aquelles *microbialites* que tinguessin una estructura interna formada per laminacions fines més o menys planars.

Pel que fa a l'ambient deposicional en què es poden trobar els estromatòlits, els primers estudis realitzats i en comparació amb el que es coneixia d'ambients actuals, com són la badia de Shark (Logan, 1961) i la plataforma intermareal de l'illa d'Andros (Black, 1933 i Monty, 1967), es creia que aquests només es trobaven en ambients intermareals, això va motivar que alguns dels estromatòlits del registre fòssil fossin interpretats erròniament com a intermareals. Tot i així, ja en alguns treballs d'estromatòlits fòssils es deduïa, per la reconstrucció paleoambiental de les fàcies acompanyants, que en alguns casos els estromatòlits s'havien originat en un ambient submareal (Zamarreño, 1972). Recentment s'ha observat que s'estan formant estromatòlits en medis submareals com a la badia de Shark (Playford i Cockbain, 1976) i a les Bahames (Gebelein, 1969; Dravis, 1983; Dill *et al.*, 1986; Riding *et al.* 1991), això ha ajudat a interpretar molts estromatòlits del registre fòssil com a submareals (Monty, 1977; Massari, 1980, Jannasch i Wirsén, 1981). A més, alguns dels que s'havien interpretat com a intermareals s'han reinterpretat com a sublitorals.

Actualment, els ambients en què es desenvolupen els estromatòlits són molt variats. Es poden formar en quasi bé tot cos d'aigua on l'ambient sigui apropiat pel creixement

de microorganismes, i que la velocitat de creixement d'aquests microorganismes constructors sigui més gran que la velocitat de destrucció d'altres organismes (depredadors, bioturbadors,...). Així, poden trobar-se estromatòlits en medis marins, tant submareals com intermareals, continentals (fluvials i lacustres), i hipersalins (*sabkhas*, *lagoons* o salines).

La influència dels paràmetres físics ambientals en la morfologia dels estromatòlits ha fet que alguns autors els classifiquin segons les variacions morfològiques de les laminacions (Logan *et al.*, 1964). Per d'altres autors, les variacions morfològiques es deuen a controls biològics i proposen que els canvis morfològics en el temps són útils com a eines de correlació estratigràfica (Walter, 1972; Semikhatov, 1976; Bertrand-Sarfati i Walter, 1981). Trompette (1982) proposa que la microestructura de les laminacions estromatolítiques pot estar determinada pel tipus de microbiota amb molt poca o cap influència ambiental, mentre que la macroestructura (morfologia de les columnes, tipus de laminacions, i estil de les formes ramiformes) pot estar més influïda pels factors ambientals.

Els organismes constructors d'estromatòlits més abundants són els cianobacteris (filamentosos i coccoides). Recentment però, s'ha comprovat l'importància d'altres microbiotes com bacteris i algues eucariotes (principalment diatomees) en la construcció d'estromatòlits (Golubic, 1976; Walter, 1976; Dahanayake i Krumbein, 1985; Winsborough i Seeler, 1986; Winsborough i Golubic, 1987; Awramik i Riding, 1988; Riding *et al.*, 1991). De fet, els estromatòlits són produïts per associacions complexes de cianobacteris i/o bacteris més que per comunitats monoespècífiques. Els cianobacteris es solen preservar millor degut a les seves envoltures extracel·lulars, mentre que els organismes fotòtrofs i heteròtrofs anaerobis normalment no es preserven (Awramik i Cloud, 1978; Knoll i Awramik, 1983). L'activitat bioquímica dels bacteris associats a aquests ecosistemes és molt important per a la precipitació de minerals (Kitano *et al.*, 1969; Friedman *et al.*, 1973; Krumbein, 1979a, b; Ferguson i Burne, 1981).

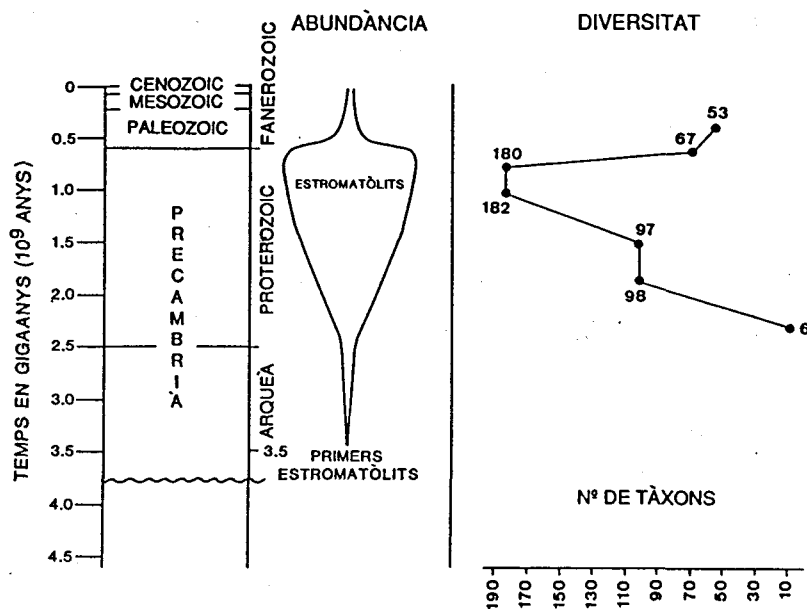
Tal com posa de manifest Awramik (1991), els estromatòlits són el producte de les complexes interaccions entre els factors microbians, sedimentaris i ambientals.

En els primers treballs es considerava que els estromatòlits eren produïts per l'activitat d'algues blau-verdes, i així, en sediments actuals no litificats, es parlava de tapissos algal. Tanmateix, tot i que el nom d' "alga blau-verda" és conegut tradicionalment en botànica, taxonòmicament són bacteris fotosintètics. Actualment, segons Stanier i Cohen-Bazire

(1977), Krumbein (1979c), i Rippka *et al.*, (1979), anomenarem cianobacteris als organismes constructors, i tapissos cianobacterians als sediments no litificats resultants. També poden ser descrits com "tapissos microbians" (Brock, 1976; Krumbein *et al.*, 1979) o "estromatòlits potencials" (Krumbein, 1983) quan no s'especifica el tipus d'organisme constructor.

Els primers estromatòlits reconeguts en el registre geològic tenen una antiguitat de 3500 milions d'anys o el que és el mateix, són presents durant el 83 % de la història de la Terra. Possiblement, els microorganismes que van formar aquests estromatòlits van ser els primers en constituir un ecosistema estable. Així, els estromatòlits són les proves més antigues de l'existència de vida a la Terra, trobant-se, en major o menor abundància, en tots els temps geològics i en un ampli ventall d'ambients sedimentaris.

Pel que fa a la variació en l'abundància i diversitat de tàxons dels estromatòlits al llarg del temps, podem dir que aquests van formar les principals bioconstruccions durant el Precambrià i es van fer cada cop menys importants durant el Fanerozoic (Fig. 8).



Segons Walter i Heys (1985) i Awramik (1991).

Figura 8: Distribució de l'abundància i la diversitat dels estromatòlits al llarg del temps geològic, segons Walter i Heys (1985) i Awramik (1991). En aquesta figura es pot veure com la màxima diversitat va tenir lloc durant el Precambrià més modern (Proterozoic).

La gran abundància i diversitat dels tàxons dels estromatòlits durant el Precambrià més modern (Proterozoic) ha permès utilitzar les diferents macrostructures i microstructures per caracteritzar nivells estratigràfics determinats, i per tant, per poder establir correlacions.

Segons Garrett (1970) i Monty (1973b i c), el declivi de l'abundància i de la diversitat dels estromatòlits en el límit Precambrià-Fanerozoic, estaria relacionat, principalment, amb el desenvolupament dels organismes metazous primitius.

Per entendre els aspectes biològics dels estromatòlits cal fer referència als seus equivalents actuals; un tapís microbià pot considerar-se simultàniament una entitat morfològica, un modificador microambiental, una entitat microbiana diferenciada i, un ecosistema (Golubic, 1976).

En els tapisos microbians actuals, la comunitat d'organismes bentònics pot ser formada per més de 200 espècies que viuen i moren juntes. La diferenciació de les comunitats de microorganismes dins d'un tapís microbià sovint segueix un model de microgradients resultant-ne una estratificació biològica del tapís. La llum i el potencial "redox" determinen la seqüència de microorganismes en el tapís. La llum normal penetra en els pocs mil·límetres superiors establint una zona eufòtica on es produeix matèria orgànica fotosintèticament. Per sota d'aquesta zona més superficial existeix una altra zona transicional entre l'aeròbia i l'anaeròbia que és formada per bacteris aerobis a dalt, i per bacteris anaerobis no fotosintètics a sota (Golubic, 1976).

Tot i l'existència d'aquest tipus de microgradients, l'alteració d'algun dels factors pot originar una distribució diferent de les comunitats microbianes. Així, en alguns llocs s'han trobat baixes proporcions de bacteris anaerobis en les parts més superiors del sediment, i gran proporció de bacteris aerobis a grans profunditats. Això s'explica per l'aport d'oxigen a través d'un sistema intersticial infraject (Krumbein, 1979b). El gran nombre de bacteris heteròtrofs existents en el nivell dels cianobacteris pot estar relacionat amb l'excreció de matèria orgànica per part dels bacteris vius, amb la descomposició dels cianobacteris, i amb l'escalfament, evaporació i enterrament sota el propi sediment.

L'existència al fons del mar de bacteris heteròtrofs amb capacitat per construir estromatòlits fou observada per primer cop per Monty (1973a). Brock (1976) assenyala que si la intensitat de la llum es redueix a un nivell suficientment baix, els cianobacteris ja no podran viure, en canvi els bacteris fotosintètics continuaran vivint-hi i es desenvoluparà un tapís format exclusivament per bacteris, evolucionant independentment la seva capacitat per a construir estromatòlits. Jannash *et al.*, (1989) ha citat la formació d'estromatòlits, al fons marí, originats únicament per bacteris.

Els estromatòlits estudiats en aquest treball estan representats almenys, per tres comunitats microbianes ben diferenciades: els cianobacteris filamentosos, els cianobacteris coccoides i els bacteris. El repartiment d'aquests tres tipus diferents de comunitats microbianes a la conca pot ser el resultat de l'existència de subambients amb característiques físico-químiques diferents (llum, concentració de CO₂, concentració d'O₂, salinitat, pH, i Eh).

Els estromatòlits formats en medis marins i hipersalins, que inclouen tant els llacs salats resultants de l'evolució d'aigües continentals, com els medis litorals marins desconectats del mar obert (atol.lons, lagoons, maresmes) resultants de l'evolució d'aigües continentals i/o marines, es caracteritzen per una diversitat morfològica molt minsa (Casanova, 1986) i per desenvolupar principalment formes planes, ja que les fortes salinitats actuen inhibint la diversitat morfològica. També s'ha observat que els estromatòlits actuals de medis salins es troben limitats en la zona batimètrica de 0 a 0.5 metres.

Glossari de termes:

A continuació definirem un conjunt de termes que farem servir per la descripció dels estromatòlits al llarg del treball:

Grau d'herència - indica el tipus de relació que hi ha entre la forma de les làmines successives (Hofmann, 1969). Un grau d'herència baix indica que la forma d'una làmina rarament és concordant amb la forma de la làmina precedent, i per tant dóna lloc a una textura lenticular. Un grau d'herència moderat indica que algunes de les làmines, però no totes, presenten bona concordança. I finalment, un grau d'herència alt indica que la majoria de les làmines són concordants.

Biolaminoide - es tracta de sediments biogènics amb una laminació poc marcada, produïts per cianobacteris unicel·lulars (Gerdes i Krumbein, 1987).

Macroestructura - és la natura dels estrats estromatolítics i la manera com aquests es presenten (estratiformes, plans, doms, columnes,...).

Microestructura - fa referència a les característiques microscòpiques internes de l'estromatòlit (Monty, 1976). Alguns tipus de microestructures de l'estromatòlit ens poden donar informació de quina era la comunitat d'organismes responsables de la seva construcció (quan aquests es preserven).

Estructura fenestral - descriu un buit primari o molt primerenc en la roca, més gran que els espais intergranulars (Tebbut *et al.*, 1965). La principal característica de les estructures fenestrals és que aquests espais buits no estan envoltats pels grans primaris de la roca, car no són el resultat de la dissolució dels components.

Doblet - descriu el conjunt format per una làmina clara i una làmina fosca. Les característiques dels doblets són diferents en les diferents microfàcies de l'estromatòlit.

Macrolàmina - es tracta de làmines dins de les quals s'hi pot diferenciar un conjunt de làmines més primes (Preiss, 1972; Walter, 1972).

SITUACIÓ ESTRATIGRÀFICA DELS ESTROMATÒLITS DINS LA CONCA EOCENA SUDPIRINENCA.

En aquest treball anomenem "estromatòlit" a nivells que no són constituïts en la seva totalitat per laminacions orgàniques, sinó que són formats interiorment per unitats centimètriques sobreposades. Cada una d'aquestes unitats pot ser formada per una única microfàcies o bé, per una alternança de microfàcies genèticament diferents. Per l'importància del nivell en el seu conjunt, citat nombroses vegades amb el terme estromatòlit en la bibliografia, i a efectes de simplificació, al conjunt de les microfàcies d'origen orgànic i inorgànic l'anomenem estromatòlit. L'estromatòlit estudiat pot presentar dues macrostructures diferents, la primera, formada exclusivament per làmines carbonatades, l'anomenem "estromatòlit carbonatat", la segona, formada per l'alternança mil·limètrica de làmines carbonatades orgàniques i làmines de guix, l'anomenem "laminacions alternants de guix i carbonat".

La figura 9 mostra el mapa geològic de Catalunya amb la situació de l'àrea estudiada, enmarcant-se les dues zones que comprenen les figures de la cartografia.

La cartografia elaborada ha servit de base a l'estudi estratigràfic, i ha permès conèixer la disposició geomètrica de l'estromatòlit i de les fàcies associades al llarg del marge aflorant de la conca. El treball cartogràfic de camp s'ha efectuat a escala 1:10.000 i es presenta, en aquesta memòria, a escala reduïda. Donades les dimensions del mapa, aquest s'ha dividit en dues parts (Figs. 10 i 11). La figura 10 comprèn tot el marge Nord i Est de la conca, des de Sant Bartomeu del Grau fins a Collsuspina, mentre que la figura 11 comprèn el marge Sud de la conca, des de Collsuspina fins a Navarcles.

El límit inferior dels materials cartografiats correspon al sostre dels darrers esculls coral·lins de la Formació Tossa (Ferrer, 1971; Pallí, 1972), mentre que el límit superior correspon a la base dels materials continentals flúvio-lacustres de la Formació Artés (Ferrer, 1971). Seguint l'esquema de les Seqüències Deposicionals definides per Puigdefàbregas

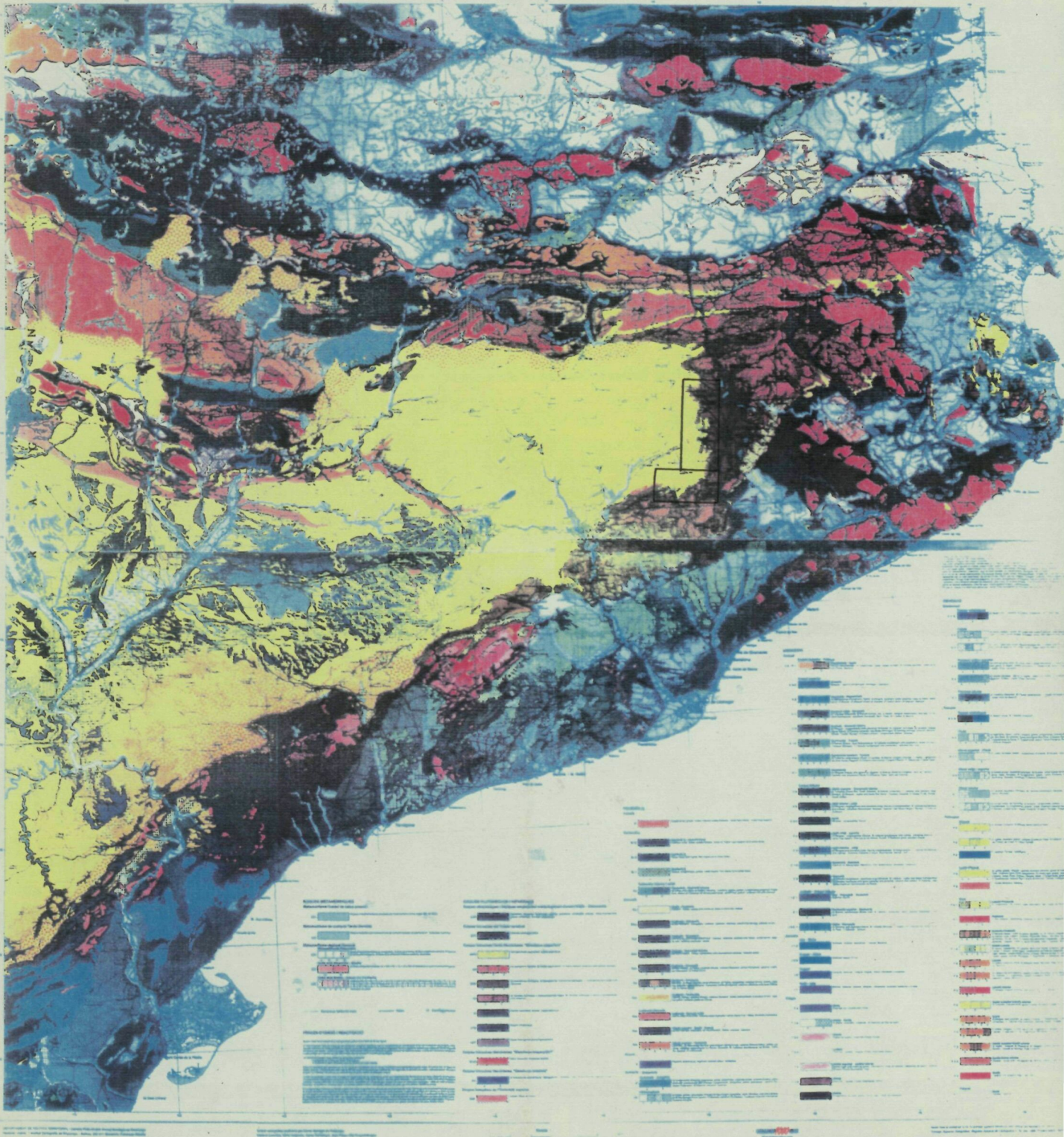
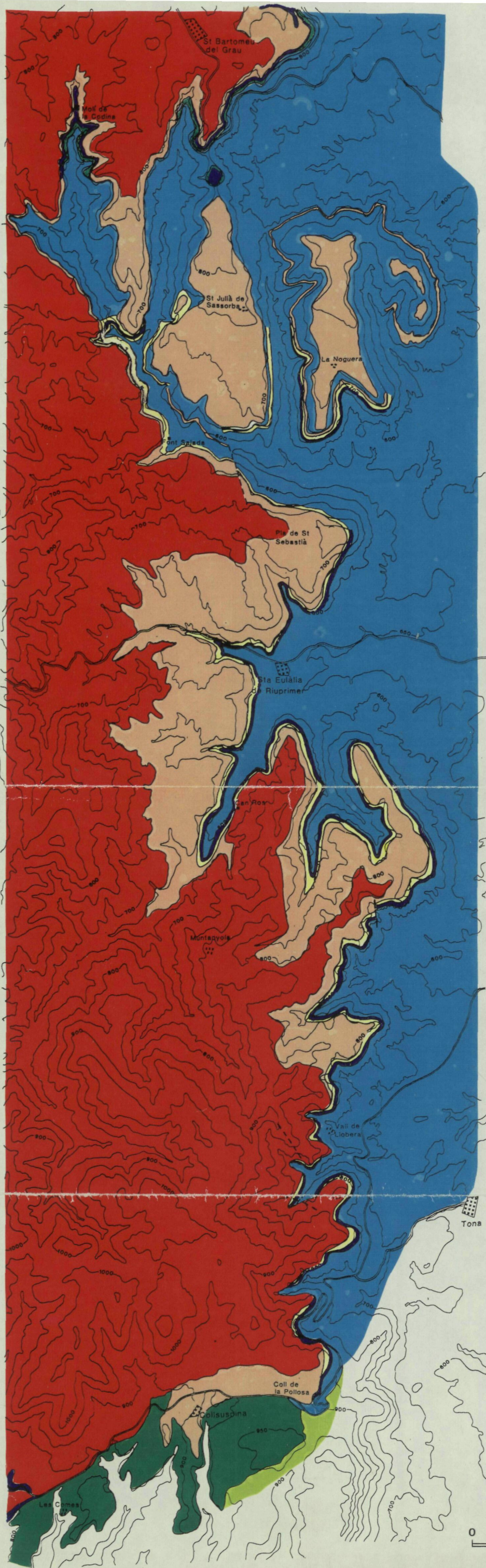


FIGURA 9 - Mapa geològic de Catalunya amb la situació de l'àrea estudiada. Els recuadres corresponen a les dues zones cartografiades de les figures 10 i 11.



extrem	X	Y
NW	429.300	4648.400
NE	435.000	4648.400
SW	429.300	4629.000
SE	435.000	4629.000

- Materials vermells continentals. Fm. Artés
- Seqüències de sorra i margues amb *slumps*
- Guixos
- Estromatòlit
- Unitats carbonatades inferior i mitja, riques en foraminífers
- Margues
- Plataformes mixtes carbonatades-siliciclàstiques de la Fm. Milany

FIGURA 10

Cartografia geològica dels vorells Nord i Est del sector oriental de la Conca Sudpirinenca.

0 1000 2000 m

PROTECTOR OF GEORGIA

et al. (1986), l'interval cartografiat (Fig. 3) es situa entre la Seqüència Depositional de Milany (formada per paraseqüències deltaiques i esculls tipus barrera en els intervals transgressius) i la Seqüència Depositional de Solsona (que rebleix la conca amb la sedimentació flúvio-lacustre i molàssica).

L'interval estratigràfic estudiat (Fig. 12,(3)) ha estat anomenat Complex de Calders (Vilaplana, 1977), i Complex Post-escullós de Rebliment de la Conca (Taberner, 1983; Taberner i Santisteban, 1984). Tanmateix, en aquest treball s'ha preferit utilitzar el terme **Complex Terminal** a fi de simplificar la terminologia.

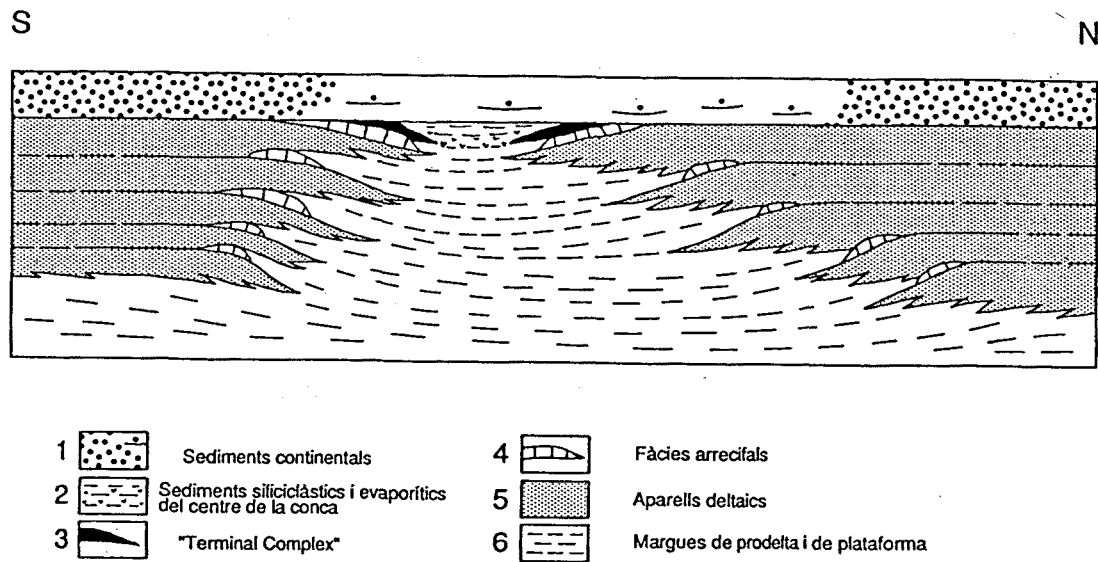


Figura 12.- Situació del Complex Terminal (3), i la seva relació amb les altres litofàcies que rebliren el sector oriental de la Conca Eocena Sudpirinenca. 1) Seqüència Depositional de Solsona, 2) Sediments siliciclàstics i evaporítics del centre de la conca; 4, 5 i 6) Seqüència Depositional de Milany.

Dins del Complex Terminal s'inclouen tots els materials dipositats per sobre de la Seqüència Depositional de Milany (Puigdefàbregas *et al.*, 1986), i per sota de la sedimentació molàssica.

L'interval comprèn tres nivells carbonatats separats per materials siliciclàstics.

Els dos nivells carbonatats inferiors són formats per unitats riques en foraminífers d'hàbitat epifític. Tenen una gran continuïtat lateral, i es desenvolupen únicament a les zones proximals de la conca. Localment, el nivell carbonatat inferior presenta bioconstruccions d'algues vermelles coral·lines i paviments d'ostreïds.

El nivell carbonatat superior correspon a l'estromatòlit, i s'estén tant a les zones proximals com a les zones relativament més distals de la conca.

Els tres nivells carbonatats estan separats per nivells siliciclàstics, representats per margues sense fauna i per sorres. Els nivells de sorra poden presentar estructures de *slumps*, o bé formar petites seqüències estratocreixents i granocreixents. El conjunt de margues i sorres representaria els moments de progració i rebliment de la conca.

El Complex Terminal que acabem de definir, presenta variacions locals en les diferents àrees estudiades, així, a les zones més proximals, trobem els tres nivells carbonatats sobreposats, car no hi són presents els intervals siliciclàstics (ex. Collsuspina). En posicions intermèdies entre els afloraments més proximals i els més distals, trobem les tres unitats carbonatades separades pels intervals siliciclàstics (ex. Sant Bartomeu). A les zones aflorants més distals, la seqüència del Complex Terminal és representada únicament pels dipòsits siliciclàstics i el nivell carbonatat estromatolític (ex. vorell Est i Òdena). Finalment, a les àrees de sedimentació més activa (ex. Calders) es troben sediments flúvio-lacustres enmig dels dos nivells carbonatats inferiors.

El límit oriental de la cartografia ve donat pel límit d'afloraments del Complex Terminal, més a l'est (en el sector de la Plana de Vic) l'erosió impedeix la continuïtat cartogràfica entre les fàcies proximals dels vorells Nord i Sud.

El límit occidental de la cartografia és el riu Llobregat, al seu pas per Navarcles. A l'oest d'aquest riu, l'estromatòlit carbonat queda reemplaçat pels dipòsits distals dels *fan-deltas* de Sant Llorenç del Munt i Montserrat. A l'oest del *fan-delta* de Montserrat, a la zona d'Igualada, també s'ha reconegut l'existència tant de l'estromatòlit carbonatat (zona del Puig Aguilera i Òdena), com de l'estromatòlit format per les laminacions alternants de guix i carbonat (zona d'Òdena). Tanmateix, degut a la localització puntual d'aquests afloraments, i a la manca de continuïtat lateral amb la resta de la zona cartografiada, no es presenta aquí la cartografia d'aquesta àrea.

Descriurem l'estromatòlit segons el context estratigràfic i les fàcies més representatives, dividint l'àrea estudiada en tres zones que corresponen als diferents vorells de la conca:

- 1- Vorell Nord o Zona de Sant Bartomeu del Grau (Figura 10).
- 2- Vorell Est o Zona de Santa Eulàlia de Riuprimer-Tona (Figura 10).
- 3- Vorell Sud o Zona de Collsuspina - Calders - Artés (Figura 11).

1- VORELL NORD (ZONA DE ST.BARTOMEU DEL GRAU)

La figura 13 correspon a una ampliació del vorell Nord de la conca amb la situació dels diferents perfils realitzats en aquest vorell.

En l'aflorament de Sant Bartomeu del Grau, que representa el vorell septentrional de la conca, l'estromatòlit aflora de forma contínua al llarg de 2 km en una direcció perpendicular a l'antiga línia de costa. Per les condicions de l'aflorament hem pogut realitzar tretze sèries estratigràfiques (VN1, VN2, VN3, VN4, VN5, VN6, VN7, VN8, VN9, VN10, VN11, VN12, VN13) que han permès fer una correlació detallada de les microfàcies estromatolítiques. Al barranc de la Codina, situat més cap a l'oest, i paral·lel a l'aflorament anterior, s'han realitzat tres sèries (VN14, VN15, VN16), que complementen les observacions anteriors.

L'orientació perpendicular a l'antiga línia de costa dels afloraments d'aquest vorell nord, permeten observar la relació de l'estromatòlit amb les litofàcies infrajacentes i suprajacentes. La sèrie més proximal aixecada en aquesta zona (VN1) mostra, de la base al sostre, i per sobre del darrer escull coral·lí de la Seqüència Depositional de Milany, petites bioconstruccions d'algues vermelles de fins a 25 cm de potència, margues recobrint les bioconstruccions o bé omplint les depressions d'entre dues bioconstruccions, un nivell de fins a 1.4 metres de potència de calcàries riques en foraminífers aporcellanats i oòides, l'estromatòlit amb una potència de 20 cm, un nivell sorrenc centimètric i, al sostre, els materials vermells flúvio-lacustres de la Formació Artés.

En direcció cap al centre de la conca (SSW), es troben nivells margosos intercalats que separen l'estromatòlit en diferents intervals (VN5, VN7, VN12, VN14, i VN16). Local-

ment, en direcció cap al vorell de conca (NNE) s'observen amalgamacions entre diferents nivells d'estromatòlit (VN7, i VN11).

L'interval existent entre el sostre de l'estromatòlit i els materials vermells continentals va augmentant de potència en direcció cap al centre de la conca, i es caracteritza per una litofàcies margosa amb nivells centimètrics intercalats de sorres esllavissades (*slumps*).

La potència màxima de l'estromatòlit en aquesta zona de Sant Bartomeu és d'1.75 metres (columnes VN5 i VN11), disminuint tant al vorell com al centre de la conca. A la part més distal (més cap al centre de la conca) de l'aflorament de Sant Bartomeu del Grau (columna VN13), la potència de l'estromatòlit és de 50 cm, i presenta una gran abundància de pseudomorfs de guix.

En tota l'àrea de Sant Bartomeu l'estromatòlit es troba per sobre d'un nivell carbonatat constituït per un *grainstone* d'òdides, ja sigui amb nuclis inorgànics (litoclastos) o orgànics (principalment foraminífers aporcellanats). A les zones més distals hi ha un interval de 50 cm de margues entre el nivell oolític i l'estromatòlit (VN8, VN9, VN10, VN11, VN15 i VN16).

A continuació es presenten les columnes realitzades al vorell Nord (Zona de Sant Bartomeu).

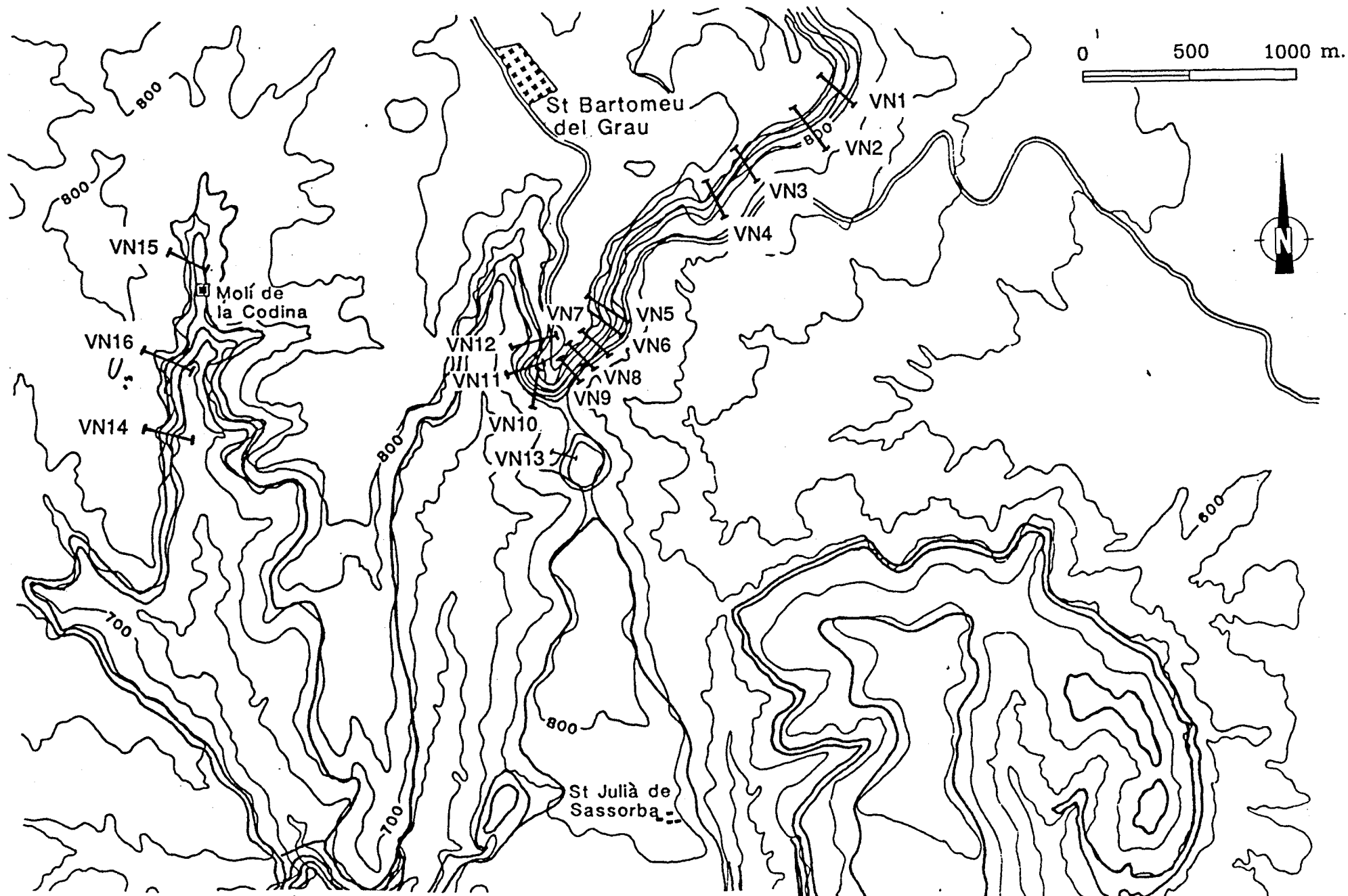


FIGURA 13.- SITUACIÓ DELS PERFILS REALITZATS AL VORELL NORD (ZONA DE SANT BARTOMEU).

Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS		COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS				
			SORRA	CARBONATS						
			LUTITA F	FINA F	MITJA M	GROLL. G	GRAVA G			
			M MUDSTONE	W WACKSTONE	P PACKSTONE	Gr GRAINSTONE	Bd BOUNDSTONE			
131	400							8 + 11	←	Nivell de paleoexposició
130								1+3+8+10 + 11	←	Nivell de paleoexposició
129								8 + 10		
128	380							3+8 + 10	←	nivell pedogènic
127								3+8		
126	360							1		
125								2		
124	340									
123	320									
	300									
	280									
122	260									
	240									
121	220									
119	200									
120										
	180									
117	160									
	140									
112										
118										
	120									
114										
116										
115	100									
	80									
113	60									
	40									
	20									

Foraminífers aporcellanats amb envoltres oolítiques

Algues vermelles coral·lines

Coralls

- ← Nivell de paleoexposició
- ← Nivell de paleoexposició
- ← nivell pedogènic
- Superfície de carstificació

Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS					COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
			SORRA						
			CARBONATS						
			M	W	P	G	B		
			MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE		
			L	F	M	G	Gv		
			LUTITA	FINA	MITJA	GROLL.	GRAVA		
109	300	[Dotted pattern]						9	
108	280	[Cross-hatched pattern]						2+3+4+10	← nivell pedogènic
111/110	260	[Horizontal dashed pattern]							
	240	[Horizontal dashed pattern]							
	220	[Horizontal dashed pattern]							
	200	[Horizontal dashed pattern]							
	180	[Horizontal dashed pattern]							
107	160	[Brick pattern]						Foraminífers aporcellanats amb envoltes oolítiques	
	140	[Brick pattern]							
106	120	[Brick pattern]							
105	100	[Brick pattern]							
	80	[Brick pattern]						Algues vermelles coral.lines	
	60	[Brick pattern]							
104	40	[Brick pattern]							
103	20	[Brick pattern]						Coralls	
102	0	[Brick pattern]							
101		[Brick pattern]							

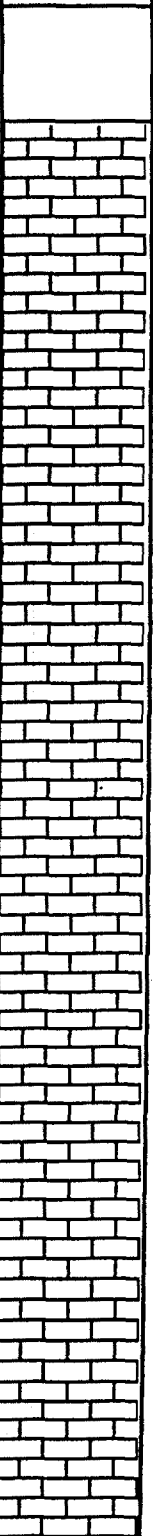
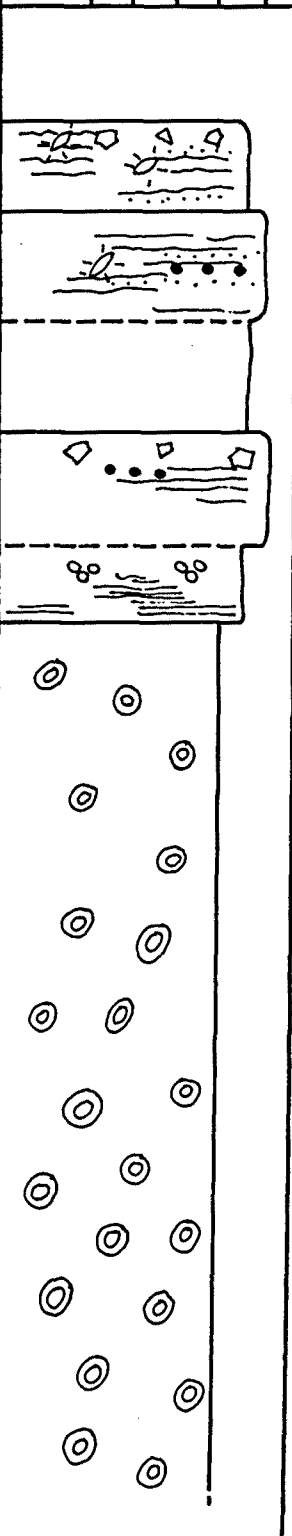
Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	<p>C. TERRIGÈNICS</p> <p>SORRA</p> <p>LUTITA L</p> <p>FINA F</p> <p>MITJA M</p> <p>GROLL. Gr</p> <p>GRAVA Gv</p> <p>CARBONATS</p> <p>M MUDSTONE</p> <p>W WACKESTONE</p> <p>P PACKSTONE</p> <p>G GRAINSTONE</p> <p>B BOUNDSTONE</p>	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
242	<p>100</p> <p>80</p> <p>60</p> <p>40</p> <p>20</p> <p>0</p>			<p>8</p> <p>Foraminífers aporcellanats amb envoltes oolítiques</p>	

Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS					COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
			SORRA						
			LUTITA	FINA	MITJA	GROLL.	GRAVA		
			CARBONATS						
			M MUDSTONE	W WACKSTONE	P PACKSTONE	G GRAINSTONE	B BOUNDSTONE		
241								8	
240	360							8+9	
239									
238	320							8	← Moment en què comencen a aparèixer pseudomorfs de guix
237								1+2+3+4+9+10	
236								1	
235								2+4	
234								2+3+4	
233	280							2	
	240								
	200								Foraminífers aporcellanats amb envoltas oolítiques
	160								
	120								
	80								
	40								sorres amb estructures d'slumps

Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS					COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
			LUTITA	SORRA			GRAVA		
			L	F	M	G	Q		
			CARBONATS						
			M	W	P	G	B		
			MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE		
170/166								10	
169/168	380							3+6+8+10	← Nivell pedogènic
164/163/162	340							3+6+9	
161								8	
160								3+8+9	
159	300							4+9	
158								8	← nivell pedogènic
157								8+9+10	
156/155	260							3+8	
154								6+8	↓ Moment en què comencen a aparèixer pseudomorfs de guix
153/152	220							2+3	
151								—	
150	180								
	140								
	100								
	60								

Foraminífers aporcellanats amb envoltos oolítiques

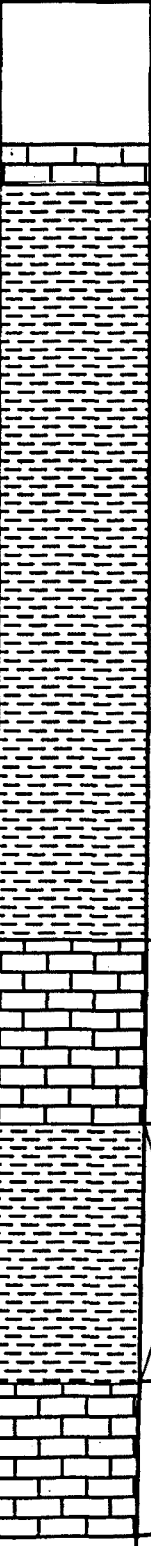
COLUMNA VN6: COSTAT ESQUERRE PEDRERA PETITA - ZONA SANT BARTOMEU -

Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA FINA MITJA GROLL. GRAVA L F F M G Gv CARBONATS MUDSTONE WACKESTONE PACKSTONE GRAINSTONE BOUNDSTONE M W P G B	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
147/148 146 145 144 149 143 141/142 138/139 140 137 136	360 320 280 240 200 160 120 80 40 0			8+9+10 2+8 9 coccolitofòrids 2+8+9 6 2+10 3 Foraminífers aporcellanats amb envoltes oolítiques	← nivell pedogènic ↓ Moment en què comencen a aparèixer pseudomorfs de guix

COLUMNA VN7 ENTRE PEDRERA I REVOLT CARRETERA - ZONA SANT BARTOMEU -.

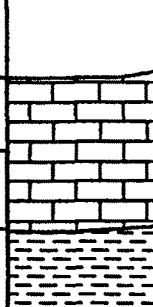
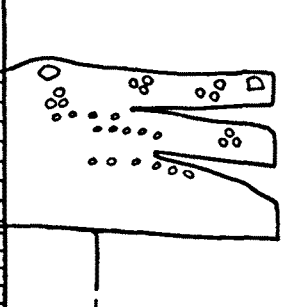
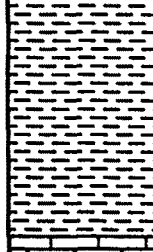
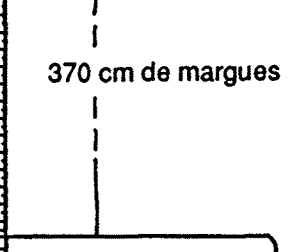
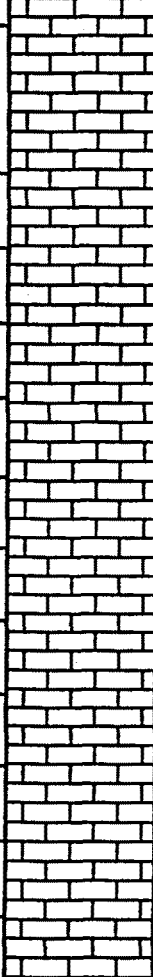
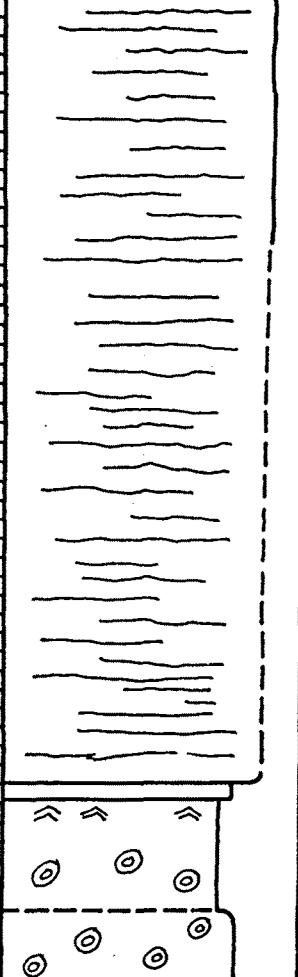
Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS					COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
			SORRA						
			LUTITA	FINA	MITJA	GROLL.	GRAVA		
			L	F	M	Gr	Gr		
			CARBONATS						
			MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE		
			M	W	P	Gr	Bd		
198	510			8	8	10	← Nivell pedogènic		
197 196 195	490								
194 193	450								
192	430								
191	180								
189 188 187	140								
186 185 184	100								
183 182 181 180	80								
179 178	40								
177 176 175 174 173									
172									

Foraminífers aporcellanats amb envoltres oolítiques

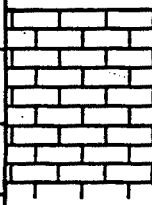
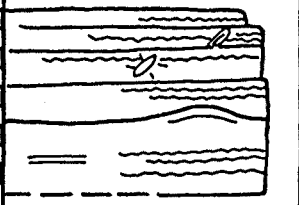
Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA FINA MITJA GROLL. GRAVA L F F M G G CARBONATS MUDSTONE WACKESTONE PACKSTONE GRAINSTONE BOUNDSTONE M W P G B	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
201	400		260 cm de margues	7	en direcció a la costa (NE) aquest nivell estromatolític s'amalgama amb un d'inferior que no apareix en aquesta columna. Foraminífers aporcellanats amb envoltres oolítiques

Nº MOSTRA (MA)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS					COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
			LUTITA	SORRA			GRAVA		
			L	F	M	Gp	Gv		
			CARBONATS						
			M	W	P	Gp	BL		
			MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE		
195	590	[Diagram: brick pattern]						8	Cap a vorell de conca (NE) aquest nivell s'amalgama amb el nivell carbonatat que hi ha just a sota.
194	570	[Diagram: brick pattern]							
194	550	[Diagram: brick pattern]							
193	530	[Diagram: brick pattern]							
192	510	[Diagram: brick pattern]					8		
191		[Diagram: brick pattern]							
		[Diagram: brick pattern]							
		[Diagram: brick pattern]							
		[Diagram: brick pattern]							
		[Diagram: brick pattern]							
		[Diagram: brick pattern]							
		[Diagram: brick pattern]							
178	220	[Diagram: brick pattern]							
177		[Diagram: brick pattern]							
176		[Diagram: brick pattern]							
175		[Diagram: brick pattern]							
174	180	[Diagram: brick pattern]						7	
173		[Diagram: brick pattern]						7	
172		[Diagram: brick pattern]							
171	140	[Diagram: brick pattern]						7	
170		[Diagram: brick pattern]							
	100	[Diagram: brick pattern]							
	60	[Diagram: brick pattern]							
	20	[Diagram: brick pattern]							

285 cm de margues

Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA FINA MITJA GROLL. GRAVA F T M G Gv CARBONATS MUDSTONE WACKSTONE PACKSTONE GRAINSTONE BOUNDSTONE M W P G B	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
223 1/2 222 221 219 218 217 220 MA 204	660 640 620			3 + 10 2 + 3 2	← Nivell pedogènic
MA 200 MA 199	240 200 180 160 100				
203 202 20	60 20			Foraminífers aporcellanats amb envoltres oolítiques	

Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	<p>C. TERRIGÈNICS</p> <p>SORRA</p> <p>LUTITA FINA MITJA GROLL.</p> <p>GRAVA</p> <p>CARBONATS</p> <p>MUDSTONE WACKESTONE PACKSTONE GRAINSTONE BOUNDSTONE</p>	<p>COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES</p>	OBSERVACIONS
<p>208</p> <p>207</p> <p>206</p> <p>205</p> <p>204</p>	<p>60</p> <p>40</p> <p>20</p> <p>0</p>			<p>8</p> <p>8+9</p> <p>9+10</p> <p>6</p> <p>3+6+8+9</p>	<p>← Nivell pedogènic</p>

Nº MOSTRA (SB)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA FINA MITJA GROLL. GRAVA F F M Gr Gv CARBONATS MUDSTONE WACKSTONE PACKSTONE GRAINSTONE BOUNDSTONE M W P G B	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTQUES	OBSERVACIONS
230 229 231 228 232 227	40 20 0			7+8 7+8+11 7 11 7	← superfície de paleoexposició ← superfície de paleoexposició

Nº MOSTRA (U)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS					COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
			LUTITA	SORRA			GRAVA		
			F	F	M	G	G		
			CARBONATS						
			M	W	P	G	B		
			MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE		
	120								
	100								Materials vermells continentals.
11	80							5 + 9	← Nivell pedogènic
10	80							5 + 10	
9	60								
8	60								
7	40							5	
6	40								
5	40								
4	40								
3	20								Foraminífers aporcellanats amb envoltes oolítiques.
	0								

Nº MOSTRA (Z)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS					COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
			LUTITA	SORRA			GRAVA		
			L	F	M	G	G		
			CARBONATS						
			M	W	P	G	B		
			MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE		
	160								
9	140							55	
8	140								
7	120								
	100								
	80								
	60								
	40								
6	20								
5	20								
4	0								

Nº MOSTRA (W)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA FINA MITJA GROLL. GRAVA L F F M Gr Gv CARBONATS M MUDSTONE W WACKSTONE P PACKSTONE G GRAINSTONE B BOUNDSTONE	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
9 8 7 6 5 4 3 2 1 140 120 100 80 60 40 20 0				5 5 1 + 5 — Foraminífers aporcellanats amb envoltos oolítiques.	

2- VORELL EST (ZONA DE SANTA EULÀLIA DE RIUPRIMER - TONA)

La figura 14 mostra la distribució de les columnes realitzades en el vorell Est de la conca.

Aquest vorell inclou l'àrea compresa entre El Pont del Llop al nord (situat en la carretera que va des de Vic a Olost), i Colluspina al sud. S'han realitzat un total de quinze columnes estratigràfiques (VE1, VE2, VE3, VE4, VE5, VE6, VE7, VE8, VE9, VE10, VE11, VE12, VE13, VE14, VE15) corresponents als llocs on l'estromatòlit presenta millors condicions d'aflorament, i observacions puntuals en els llocs on l'aflorament és incomplet.

En aquesta àrea l'estromatòlit s'estableix directament per sobre de margues (Fig. 11), i podem trobar-hi les dues macrostructures diferents: l'estromatòlit carbonatat i les laminacions alternants de guix i carbonat. La primera, pot assolir una potència de fins a un metre i és present al llarg de tot el vorell est. La segona, sols es troba en aquelles sèries en què també hi ha dipòsits de guix i té una potència molt variable, podent aconseguir els 3 metres. Quan ambdues macrostructures són presents en una mateixa sèrie, l'estromatòlit carbonatat es troba en la part inferior.

Per sobre de les laminacions alternants guix - carbonat trobem, quasi sempre, els dipòsits del cinturó sulfatat, el qual està constituït per dues litofàcies diferents, una de guix blanc secundari alabastrí, procedent de guix primari selenític, i una altra de guix negre principalment detrític. Per sobre del guix hi poden haver, directament, els materials vermells continentals, seqüències estratocreixents i granocreixents de sorra, o bé, margues amb sorres esllavissades (*slumps*) de potència centimètrica.

En aquelles sèries en què no hi ha ni l'estromatòlit format per les laminacions alternants de guix - carbonat, ni els dipòsits del cinturó sulfatat (VE1, VE4, VE5, VE6, VE8, VE12, VE15), trobem entre l'estromatòlit carbonatat i els materials vermells continentals, o bé nivells de calcretes, més o menys ben desenvolupats, o bé, nivells centimètrics de carniola.

A continuació es presenten les columnes realitzades al vorell Est (Zona de Santa Eulàlia de Riuprimer - Tona).

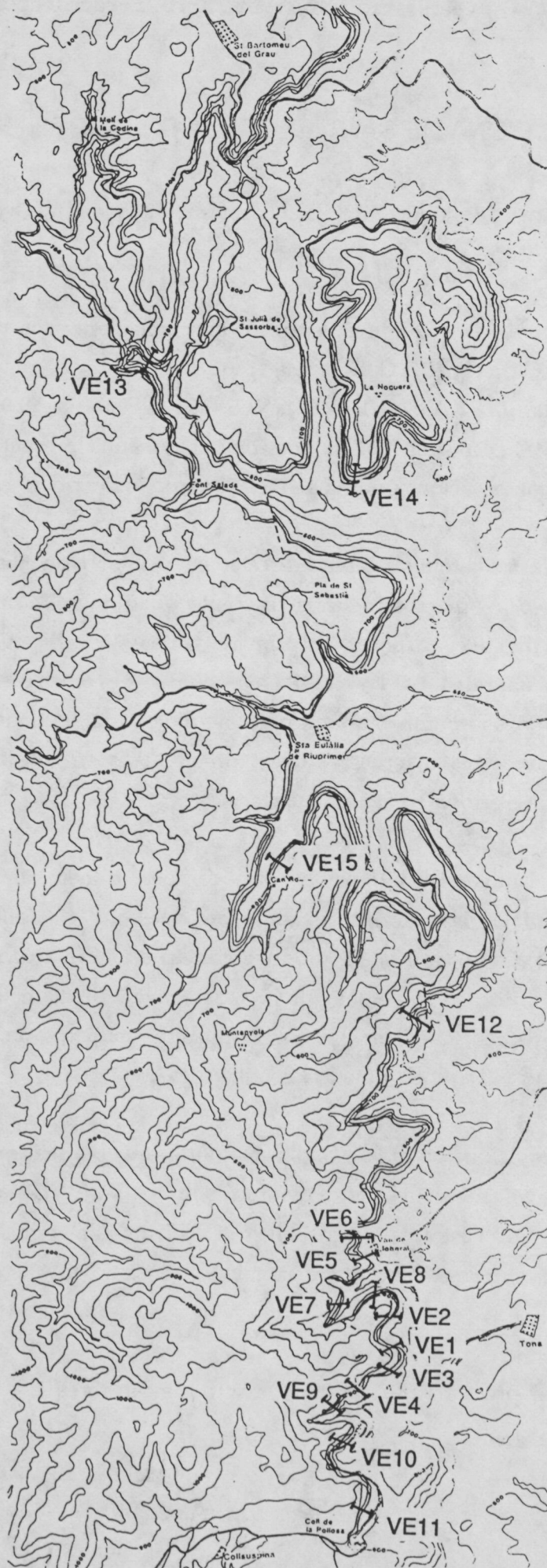
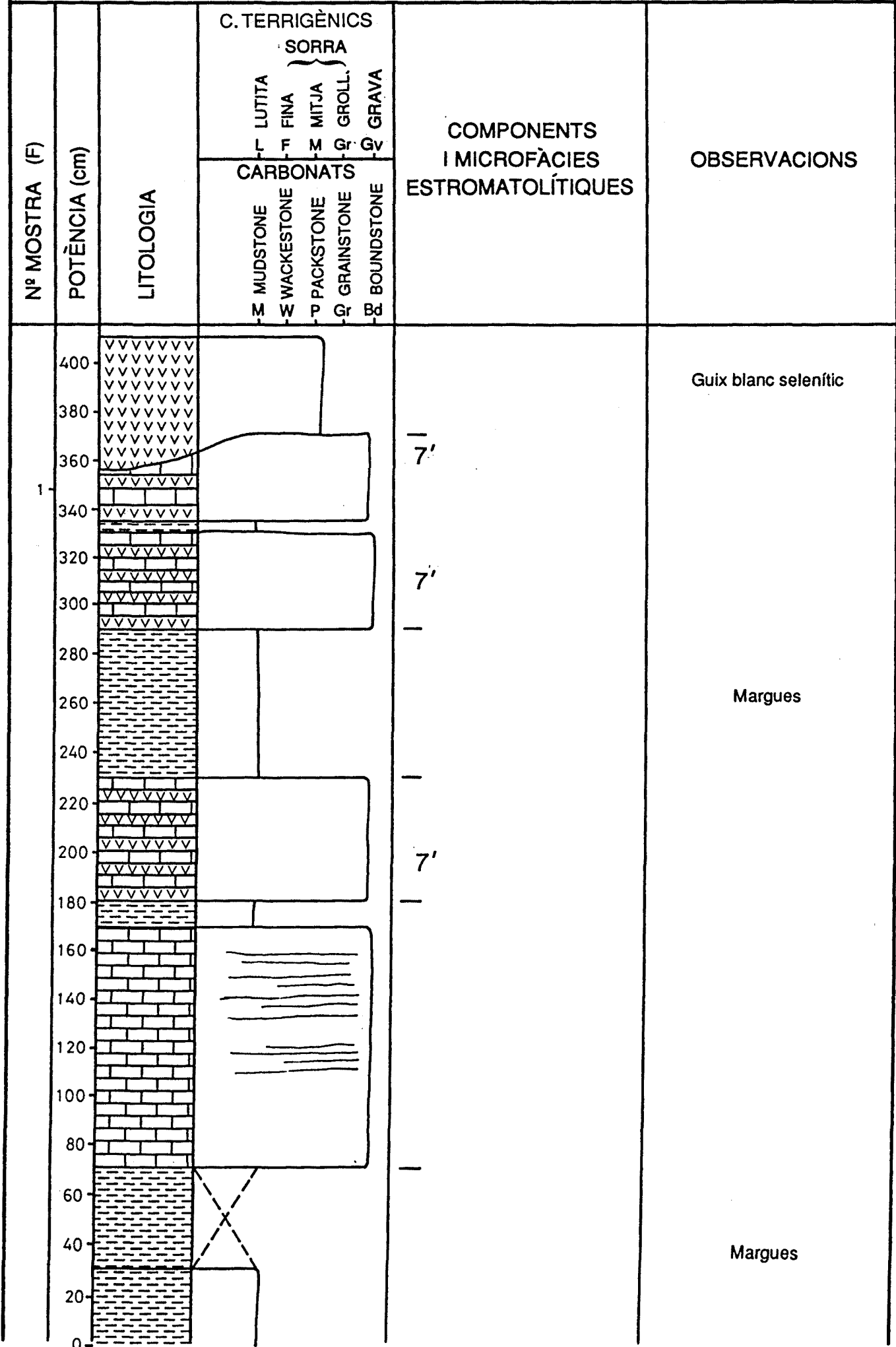


FIGURA 14.- SITUACIÓ DELS PERFILS REALITZATS AL VORELL EST (ZONA DE SANTA EULÀLIA DE RIUPRIMER - TONA).

Nº MOSTRA (E)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS					COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
			SORRA						
			LUTITA	FINA	MITJA	GROLL.	GRAVA		
			CARBONATS						
			MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE		
			M	W	P	G	B		
	180								
	160								
	140								Materials vermells continentals
	120								Margues
5	100							10'	
4	90							10'	
3	80								
7	70								
6	60								
	40								
	20								Margues
	0								

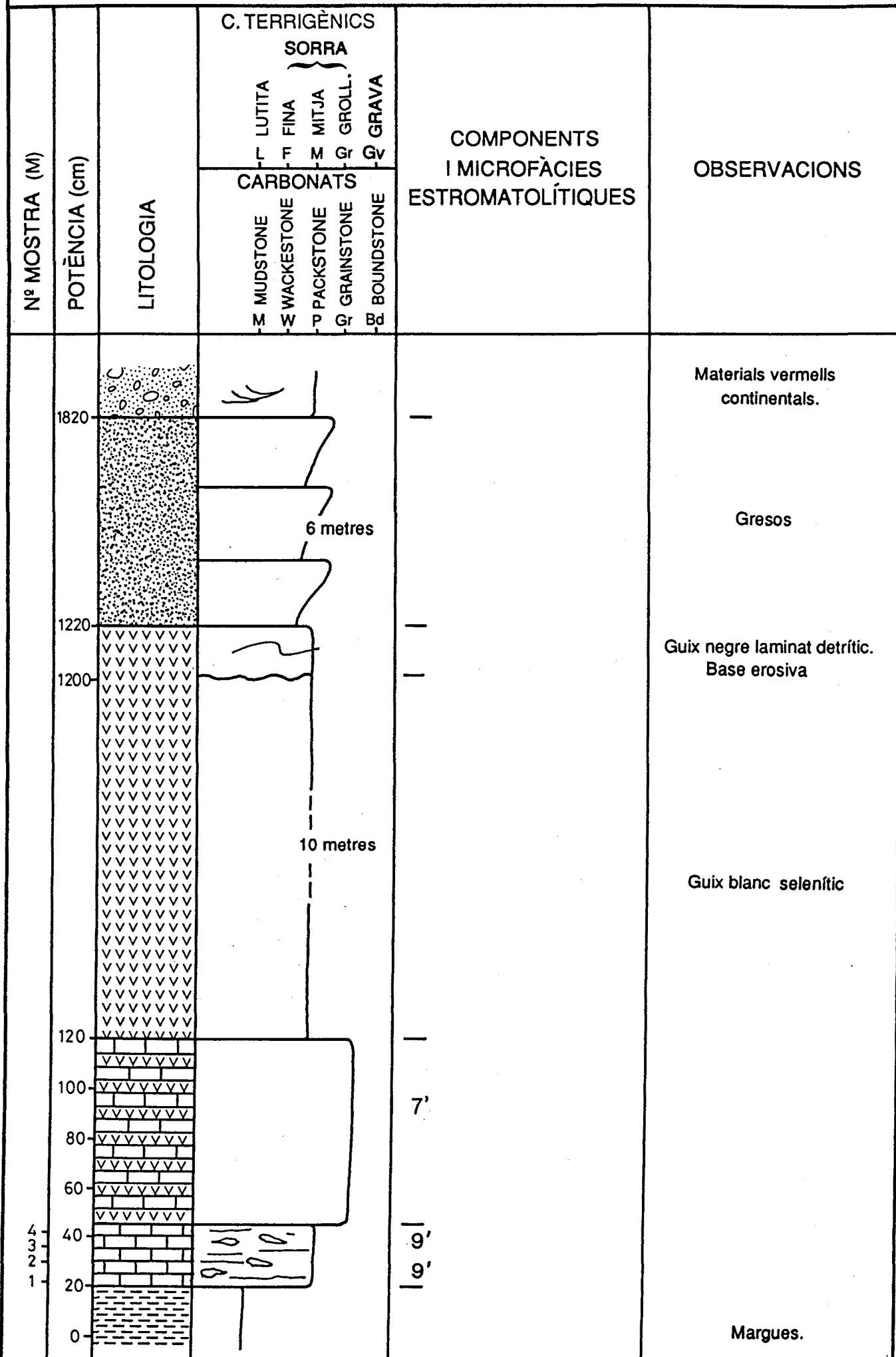


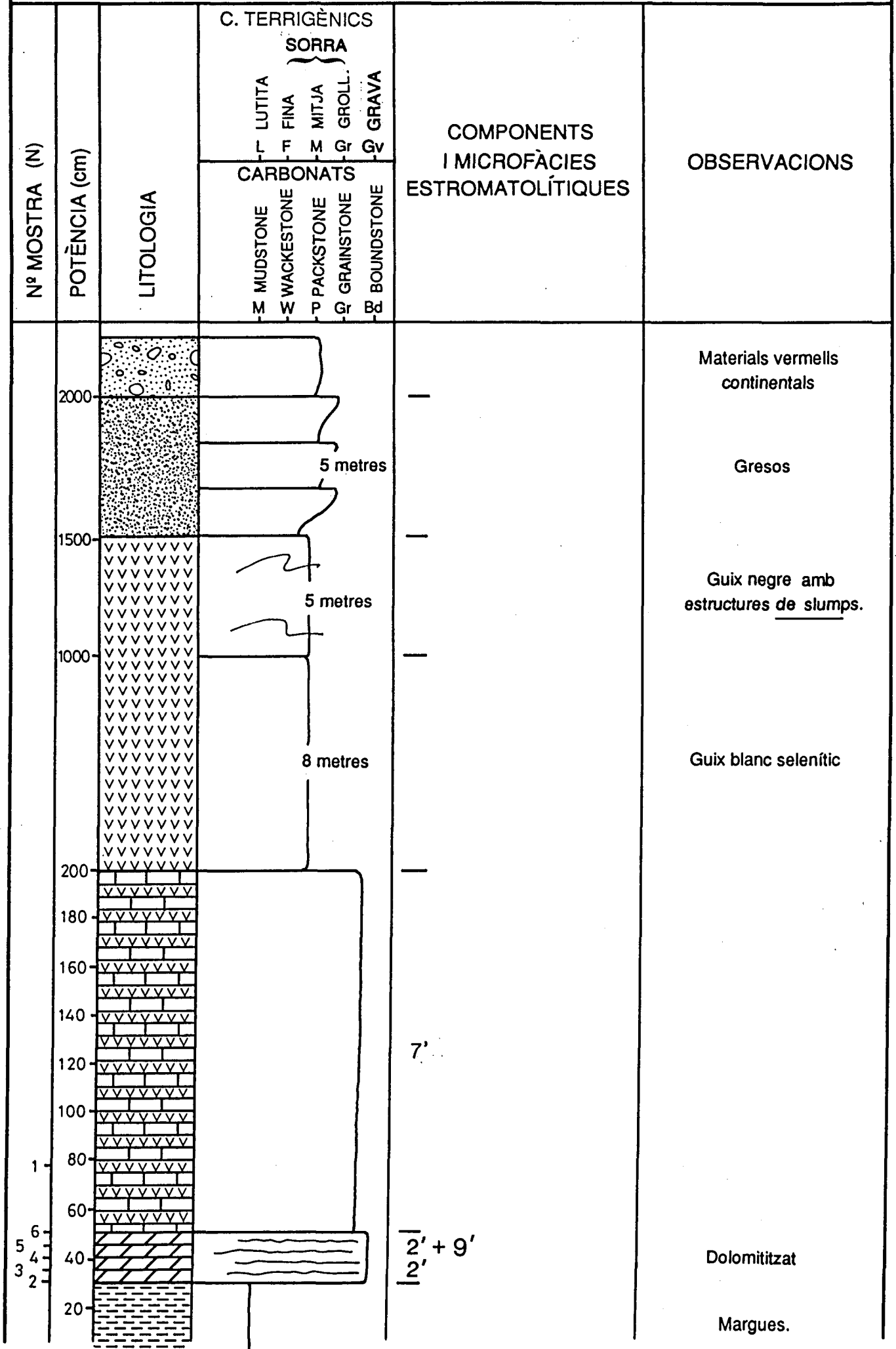
Nº MOSTRA (H)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA FINA MITJA GROLL. GRAVA M F M G Gv	CARBONATS MUDSTONE WACKESTONE PACKSTONE GRAINSTONE BOUNDSTONE M W P G B	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES OBSERVACIONS
7.6 5 4.3 2 1	180 160 140 120 100 80 60 40 20 0			10' 00'	Materials vermells continentals Margues

Nº MOSTRA (I)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA } FINA } MITJA } GROLL. } GRAVA }	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
			CARBONATS MUDSTONE WACKSTONE PACKSTONE GRAINSTONE BOUNDSTONE		
	<p>140</p> <p>120</p> <p>100</p> <p>80</p> <p>60</p> <p>40</p> <p>20</p> <p>0</p>			<p>8'</p> <p>1'</p>	<p>Materials vermells continentals</p> <p>← Nivell pedogènic</p> <p>Margues</p>

Nº MOSTRA (K)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA FINA MITJA GROLL. GRAVA F F M G Gv CARBONATS M MUDSTONE W WACKESTONE P PACKSTONE G GRAINSTONE B BOUNDSTONE	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
	3100				Materials vermells continentals.
	1100				Guix negre amb estructures de <u>slumps</u> .
	100				Guix blanc selenític.
	80				
	60				
	40				
	20				
	0				Margues

Nº MOSTRA (L)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA FINA MITJA GROLL. GRAVA CARBONATS MUDSTONE WACKESTONE PACKSTONE GRAINSTONE BOUNDSTONE	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
10.7 9.6 5 4 3 2 1	140 120 100 80 60 40 20 0			8' 1'+8' 1' 1'	<p>Materials vermells continentals.</p> <p>Nivell de paleoexposició subaèria: nòduls pedogenètics, bretxa i esquerdes de retracció.</p> <p>Margues</p>



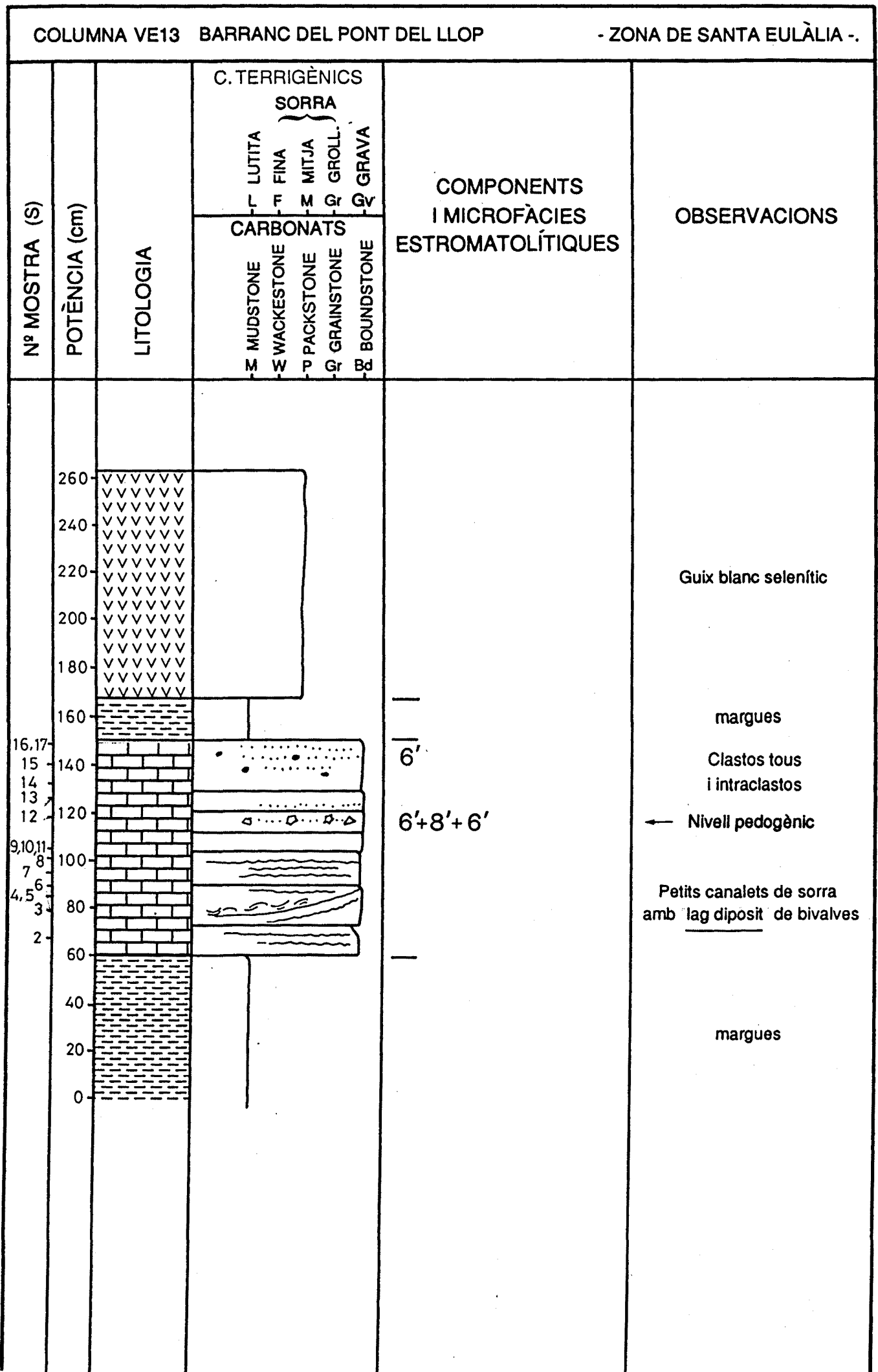


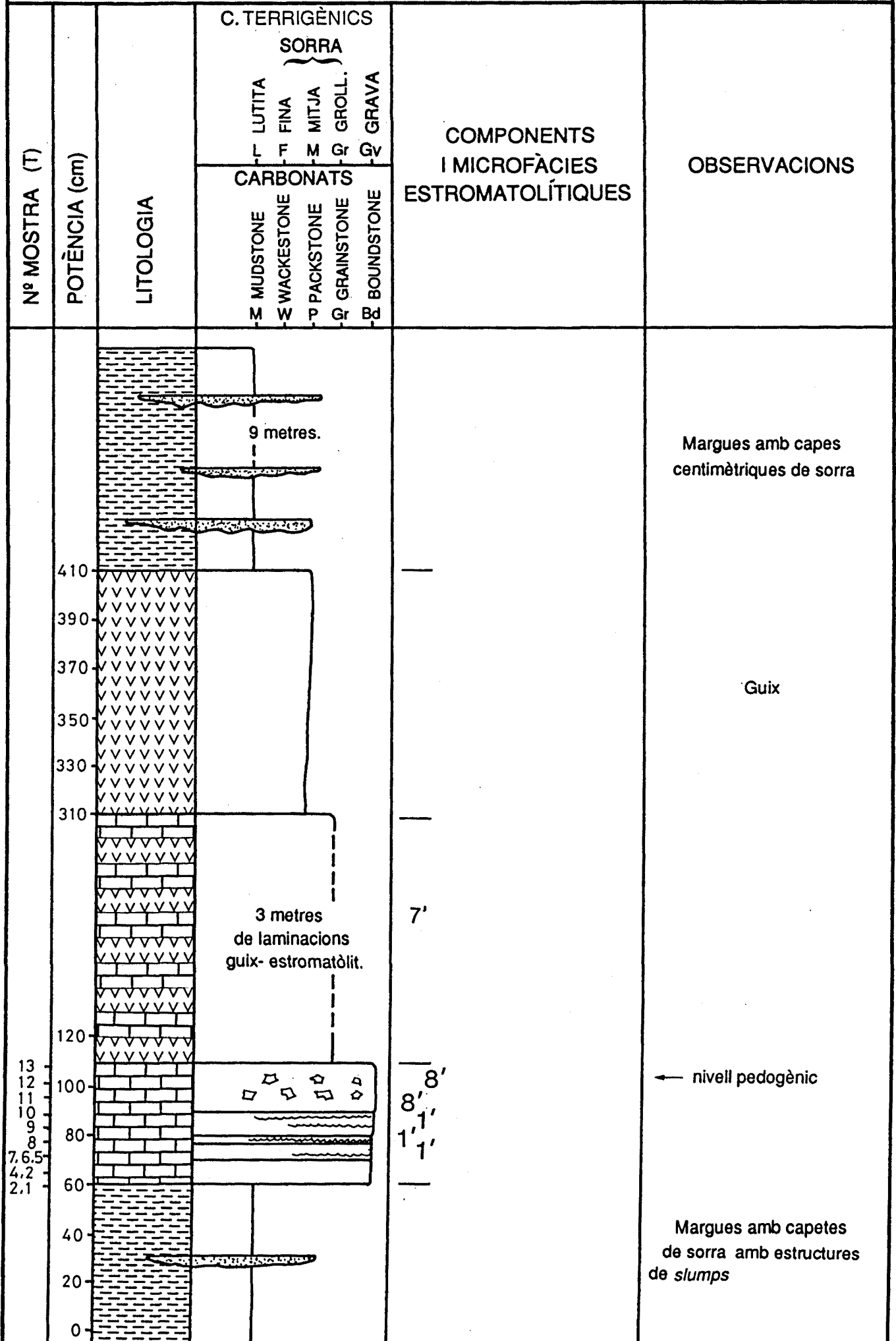
COLUMNA VE11, PEDRERA DEL GARET

- ZONA DE SANTA EULÀLIA -

Nº MOSTRA (O)	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA FINA MITJA GROLL. GRAVA CARBONATS M MUDSTONE W WACKESTONE P PACKSTONE G GRAINSTONE B BOUNDSTONE	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
	760				
	560				
	260				
11	240				
9	220				
8/7 6/5 4/3	200				
	180				
	160				
	140				
	120				
	100				
	80				
	60				
	40				
	20				
				9'	Guix blanc selenític
				3 metres	Margues
				9'	Margues
				9' + 5'	Margues
				2'	
				2'	
					Margues

Nº MOSTRA (Q).	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS SORRA LUTITA FINA MITJA GROLL. GRAVA F F M G QV CARBONATS MUDSTONE WACKESTONE PACKSTONE GRAINSTONE BOUNDSTONE M W P G B	COMPONENTS I MICROFÀCIES ESTROMATOLÍTIQUES	OBSERVACIONS
30,31 29,28 27,26 25/20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6,5 4,3 2,1	280 240 220 200 180 160 140 120 100 80 60 40 20 0			5' 1' 33'	<p>Margues amb nivells de sorra amb estructures de slumps</p> <p>Margues amb nivells de sorra amb estructures de slumps</p>





Nº MOSTRA	POTÈNCIA (cm)	LITOLOGIA	C. TERRIGÈNICS					COMPONENTS	OBSERVACIONS
			SORRA						
			LUTITA	FINA	MITJA	GROLL.	GRAVA		
			M	F	M	G	Gv		
			CARBONATS						
			MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE		
			M	W	P	G	Bd		
11 9 12 10 8 7 6	400 380 360 340 320 300 280 260 240 220								
								1' 6' 1'	Materials continentals vermells. Estromatòlit menys compacte.
5 4 3 2 1	200 180 160 140 120 100 80 60 40 20							6'	Estromatòlit més compacte.

