



Departament de Geologia dinàmica, Geofísica i Paleontologia  
UNIVERSITAT DE BARCELONA

**ICNOLOGIA  
DE LES CONQUES MARINES PLIOCENES DEL MARGE  
NORD-OCCIDENTAL DE LA MEDITERRÀNIA**

Memòria realitzada per JORDI MARIA DE GIBERT ATIENZA al  
Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia de la  
Universitat de Barcelona sota la direcció del Dr. Jordi Martinell Callicó  
per optar al grau de Doctor en Geologia.

Barcelona, Novembre de 1995

El Doctorant, Jordi M. de Gibert

El Director, Jordi Martinell

Aquest treball ha estat finançat per una beca de Formació de Professorat Universitari  
del Ministeri d'Educació i Ciència emmarcada dintre dels projectes PB 90-0489 i PB 94-0946  
de la DGICYT.

### 3.2.6. Icnologia i sedimentologia

#### • Unitat de bretxes basals i Substrat pre-Pliocè associat

El contacte entre els materials marins pliocens i el paleorelleu preexistent constitueix, en els afloraments on és reconeixible, una superfície de bioerosió i incrustació d'organismes (tractada per Martinell & Domènech 1995) associada a bretxes. Aquest contacte es desenvolupa sobre materials metamòrfics paleozoics en tots els casos excepte a un sector de l'aflorament d'El Papiol on el Pliocè reposa sobre calcàries d'edat miocena.

Les evidències paleontològiques associades a la discontinuïtat són dues: esquelets d'organismes incrustants i estructures de bioerosió (fig. 29). Els organismes incrustants són fonamentalment ostreïds i pectínids (*Hinnites ercolianus*). També són freqüents els cirrípedes i més rars els serpúlids. Pel que fa a les traces de bioerosió dominen els icnogèneres *Gastrochaenolites* i *Entobia*. Els *Gastrochaenolites* (fonamentalment *G. lapidicus* i també *G. torpedo*), produïts per bivalves litòfags, són en general de dimensions no massa grans (no més d'1 cm de diàmetre) excepte a Can Albareda on assoleixen diàmetres de 2.5 cm i longituds de fins a 20 cm. Localment poden aparèixer en altes concentracions (100-400 ind./m<sup>2</sup>) tant en substrat calcari (El Papiol) com pelític (El Papiol, Plaça de les Bruixes). *Entobia*, atribuïda a esponges cliònides, no apareix únicament al substrat sinó també afectant a les conquilles dels bivalves incrustants on apareix associada a perforacions d'anèl·lids (*Maeandropolydora*, *Caulostrepsis*) i, més rarament de briozous. *Maeandropolydora* de gran tamany han estat reconegudes afectant a les calcàries miocenes a El Papiol, mentre que a les pissarres de Pic d'en Valls s'han identificat petites perforacions rectilínies (d'uns 7 mm de llargada) corresponents a l'icnogènere *Trypanites*.

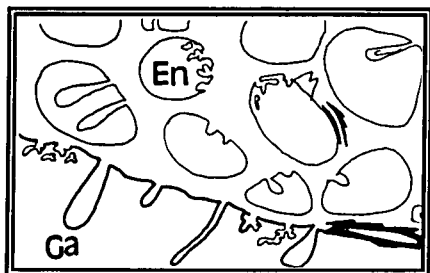


Figura 29. Icnofàbrica del contacte entre els materials pliocens i el substrat pre-pliocè amb *Gastrochaenolites* (Ga) i *Entobia* (En).

Figure 29. Ichnofabric of the boundary between the Pliocene sediments and the pre-Pliocene substrate with *Gastrochaenolites* (Ga) and *Entobia* (En).

En relació a aquesta superfície es desenvolupen dipòsits de bretxes en general discontinus i poc potents que en alguns casos inclouen grans blocs. Els clastes presenten els mateixos fenòmens de bioerosió i organismes incrustants que els descrits abans, en alguns casos amb un desenvolupament encara més important.

L'associació de la discontinuïtat i les bretxes cal interpretar-la com el registre fòssil de paleopenyasegats litorals formats als marges de la conca durant el període transgressiu.

Localment, al Torrent de Can Albareda, les bretxes assoleixen un desenvolupament molt més important (fins uns 10 m) i presenten un important contingut en sorres. Aquest aflorament actualment és pràcticament inaccessible de manera que ens referim a les descripcions de Civis (1975, 1977b) i Marquina (1988). Es tracta de dipòsits de bretxes ordenades en petites seqüències granodecreixents que cap a sostre donen pas a nivells més sorrencs. Contenen fauna litoral (*Strombus*, pectínids i altres mol.luscs) i presenten un caràcter transgressiu tal i com indiquen tant les seves característiques sedimentològiques com les micropaleontològiques (Civis 1975, 1977b). Aquests dipòsits corresponen a un petit con de dejecció submarí a la desembocadura d'un torrent.

#### • Unitat de margues blaves

Aquesta unitat està constituïda quasi exclusivament per argiles gris-blavoses en general massives. Contenen una abundant macrofauna, coneguda ja per Almera (1894, 1907), formada fonamentalment per mol.luscs i incloent també equínids irregulars, crustacis, braquiòpodes, briozous i restes de peixos (dents i vertebrats), entre d'altres. La malacofauna ha estat estudiada en alguns jaciments (Plaça de les Bruixes, Martinell & Marquina 1978, Marquina 1979; Sant Vicenç dels Horts, Martinell & Marquina 1981). Martinell (1988) cita la presència de 383 espècies de gasteròpodes i 257 de bivalves en el Pliocè del Baix Llobregat de les quals pràcticament totes provenen de les margues blaves. Es tracta de una fauna típica de condicions somes que inclou principalment gasteròpodes com *Nassarius*, *Turritella*, *Natica*, *Aporrhais*, i bivalves com *Corbula*, *Amussium*, *Anadara*, entre d'altres. Les traces de depredació de crustacis i/o peixos (Martinell *et al.* 1982) i de gasteròpodes (Martinell & Marquina 1978), corresponents a l'icnogènere *Oichnus* (*O. simplex* i *O. paraboloides*), són freqüents afectant a les conques dels mol.luscs.

La fàbrica de les margues no presenta evidències de laminació. Malgrat això les estructures de bioturbació són difícilment identificables. En alguns casos petites excavacions vermiformes pobrament preservades poden ser reconegudes en gran abundància. A l'aflorament del Papiol, on afloren més extensament i amb una major qualitat les margues blaves, s'han pogut reconèixer algunes estructures de bioturbació que permeten reconstruir la icnofàbrica d'aquests materials (fig. 30). Aquestes inclouen traces atribuïbles a equínids irregulars, alguns caus horitzontals en alguns casos reomplerts per pèllets, sistemes de galeries de petit diàmetre (3-4 mm) i caus espirals tipus *Gyrolithes* de petites dimensions (diàmetre 3-4 mm). Les estructures no estan gaire ben definides però suggereixen una abundant i diversa bioturbació en un substrat argilós molt carregat en aigua on el potencial de preservació és baix.

A Sant Vicenç dels Horts i El Tarc s'han observat nivells prims (30-40 cm) de conglomerats o bretxes amb abundants perforacions (*Gastrochaenolites*, *Entobia*, *Caulostrepsis*, *Maeandropolydora*, *Trypanites*) i alguns organismes incrustants (ostreïds, pectínids i cirrípedes). Aquests dipòsits corresponen a aports puntuals des dels relleus propers. L'associació de traces fòssils lligada a aquests dipòsits va ser probablement transportada amb els clastes i no produïda després del seu emplaçament. Això vé suportat pel fet que en molts casos estructures com ara *Entobia* es presenten força erosionades fet que sembla incongruent amb un medi de deposició tranquil com havien de ser les margues blaves.



Figura 30. Icnofàbrica de les margues blaves mostrant diversos tipus d'estructures però totes elles pobrament preservades.

Figure 30. Ichnofabric of the blue clays showing several types of very poorly preserved trace fossils.

L'aflorament de la Plaça de les Bruixes presenta una peculiaritat respecte els altres. Martinell & Marquina (1984) van descobrir uns rastres que Broin, Gasc i Heyler (in Martinell & Marquina, op. cit.) atribueixen a petits mamífers (lám. 2B, fig. 63). Es tracta clarament de rastres de tetràpodes caminant per un fons fangós. Aquest fet indica que com a mínim localment les margues blaves van patir condicions de quasi absència d'aigua.

Tot aquest conjunt de dades permet determinar que les margues blaves es van dipositar en unes condicions somes, localment molt somes, amb bioturbació generalitzada que produïa l'homogeneització del sediment, i només amb puntuals aportos grollers des dels relleus propers.

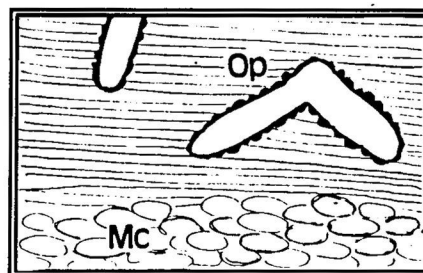
- **Unitat lutíico-sorrenca superior**

Aquesta unitat està constituïda per argiles i sorres. Les argiles són dominants excepte a l'aflorament d'El Papiol on es desenvolupen importants nivells sorrencs. Les argiles són de color groguenc, més sorrenques que en la unitat de margues blaves i amb laminació horitzontal. Les restes de macròfits (especialment fulles) són freqüents i en alguns casos formen petits nivells. La macrofauna és en canvi molt escassa i mal conservada. Els nivells de sorres presenten dues fàcies principals ben diferenciades:

- **Fàcies 1.** Es tracta de cossos canaliformes amb bases erosives i incidides. El rebliment acostuma a ser multiepisòdic. Un episodi complet presenta tendència granodecreixent, base erosiva amb un paviment de clastes tous i laminació paral·lela i/o encreuada de baix angle. Aquests episodis formen cossos de fins 3 m de potència però amb molt poca continuïtat lateral. Aquest tipus de fàcies es desenvolupa especialment a l'àrea d'El Papiol. En aquest aflorament a la part més baixa de la unitat, aquesta fàcies inclou *Ophiomorpha* tallant la laminació, esporàdics *Skolithos* i alguns nivells molt bioturbats constituïts per *Macaronichnus* (fig. 31). En general, però, hi ha un clar domini de la fàbrica sedimentària sobre la biogènica.

Figura 31. Icnofàbrica corresponent a la fàcies 1 de la Unitat lutíico-sorrenca superior amb *Ophiomorpha* (Op) i *Macaronichnus* (Mc).

Figure 31. Ichnofabric corresponding to facies 1 of the Upper sandy clays unit with *Ophiomorpha* (Op) and *Macaronichnus* (Mc).



Aquestes fàcies representen el rebliment de canals generats per la descàrrega fluvial en el sector més proximal de la ría. En aquestes condicions d'elevada energia, els processos físics dominen sobre l'alteració biogènica del sediment, de manera que la continua erosió elimina les estructures de bioturbació, alhora que no afavoreix la instal·lació d'organismes bentònics. Només en les parts relativament més distals (inferiors en la sèrie) algunes traces van poder ser preservades.

• Fàcies 2. Són nivells prims (de pocs mm a 20 cm) amb base més o menys planar i poca continuïtat lateral que apareixen intercalats entre argiles. Sovint presenten marques de corrent a la base. L'estructura interna pot ser massiva o mostrar laminació paral·lela de baix angle i puntualment *ripples* de corrent. Aquests dipòsits són resultat d'aports puntuals i discontinus per l'acció de fluxos laminars no canalitzats, en un medi d'energia més moderada que el corresponent a la fàcies 1. Les traces fòssils en relació a aquests nivells són nombroses i variades (fig. 32). Degut al mecanisme de sedimentació (esporàdiques introduccions de material groller en un context de sedimentació argilosa) generalment es poden diferenciar dos tipus d'associacions en relació als nivells de sorres, una pre i una altra postdeposicional. La primera correspon a aquelles traces produïdes durant els períodes de sedimentació normal i en la majoria dels casos presenten rebliment sorrenc introduït als caus durant els episodis deposicionals més grollers. Les associacions postdeposicionals inclouen aquelles traces formades per organismes que van colonitzar les sorres immediatament després de la seva deposició. Ambdós tipus d'associacions icnològiques mostren una marcada variació en direcció N-S (fig. 33):

- En el sector més septentrional i també més proximal de la conca (afloraments d'El Papiol, Pic d'en Valls i Sant Vicenç dels Horts) les traces predeposicionals més importants són *Skolithos* (làm. 2D) i *Palaeophycus* (fig. 32A). El primer és molt abundant i sovint presenta crostes limonítiques o aureoles diagenètiques al seu voltant. A Pic d'en Valls s'han contabilitzat fins a 6-7 *Skolithos*/m<sup>2</sup> en alguns nivells. En canvi, aquesta traça és absent en els sectors més meridionals. Pel que fa a les associacions postdeposicionals en aquest mateix sector, presenten una zonació vertical en dos nivells corresponents al sostre i la base dels estrats de sorres. *Phycosiphon incertum* (làm. 2F), en alguns casos molt abundant, i *Planolites* (làm. 2G) constitueixen el nivell superior, mentre que sistemes de galeries tipus *Thalassinoides suevicus* (làm. 2E) constitueixen el nivell inferior (fig. 32A).

- A El Tarc, situat a la zona central de la conca, l'associació predeposicional està constituïda per *Sinusichnus sinuosus* (làm. 6 G, H) i per petits caus amb morfologies variades (en J, Y o amb certa tendència espiral) (fig. 32B). Aquests caus es presenten en densitats molt elevades (varis centenars per m<sup>2</sup>) a sota dels nivells de sorres. Són curts (rarament més de 3-4 cm), molt prims (1-2 mm) però sovint presenten gruixudes crostes limonítiques. Pel que fa a l'associació postdeposicional, està formada per *Phycosiphon incertum* associat a alguns *Scalarituba missouriensis* a sostre dels estrats sorrencs i poc freqüents *Thalassinoides* a la base (fig. 32B).

- Finalment als dos afloraments més meridionals (Can Albareda i Torrent del Terme) situats en una posició paleogeogràfica més pròxima a mar obert, les associacions són significativament diferents. Les traces predeposicionals són escasses, només alguns *Pascichnia* (*Scalarituba*) i alguns caus horitzontals, mentre que la associació postdeposicional, encara que es presenta també estructurada en dos nivells, inclou icnofòssils diferents que en els altres afloraments. El nivell superior és dominat per dues icnoespècies de *Scalarituba* (*missouriensis* i *biserialis*) (làm. 2H), mentre que *Phycosiphon* és només un component secundari. El nivell inferior presenta estructures produïdes per equínids irregulars (*Laminites/Cardioichnus*) (làm. 2C) en alguns casos molt abundants (fig. 33C). Ocasionalment *Chondrites* i alguns *Repichnia* simples completen l'associació.

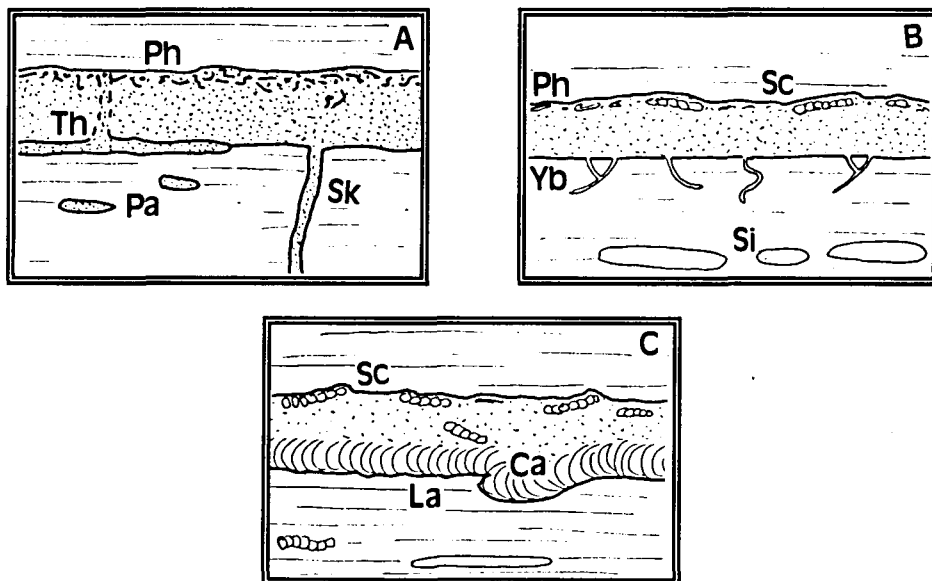
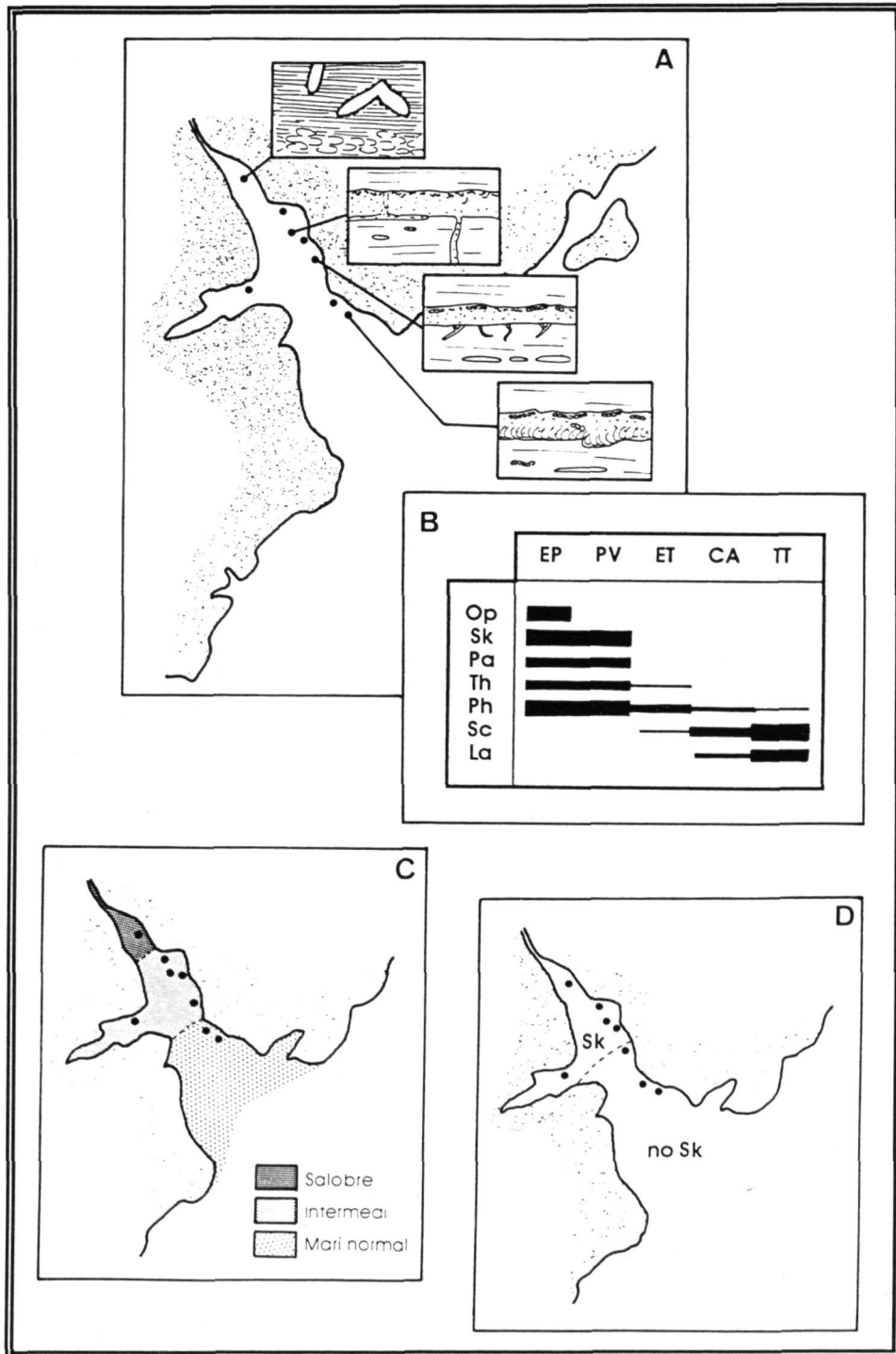


Figura 32. Icnofàbriques de la Fàcies 2 de la Unitat lutítics-sorrenca superior. A. Icnofàbrica de *Phycosiphon* (Ph)-*Skolithos* (Sk) (El Papiol-Pic d'en Valls). B. Icnofàbrica de *Phycosiphon*-*Sinusichnus* (Si) (El Tarc). C. Icnofàbrica de *Scalarituba* (Sc)-*Laminites* (La) (Torrent del Terme). Th. *Thalassinoides*, Pa. *Palaeophycus*, Yb. petits caus, Ca. *Cardioichnus*.

Figure 32. Ichnofabrics in facies 2 of the Upper sandy clays unit. A. *Phycosiphon* (Ph)-*Skolithos* (Sk) ichnofabric (El Papiol-Pic d'en Valls). B. *Phycosiphon*-*Sinusichnus* (Si) ichnofabric (El Tarc). C. *Scalarituba* (Sc)-*Laminites* (La) ichnofabric (Torrent del Terme). Th. *Thalassinoides*, Pa. *Palaeophycus*, Yb. tiny burrows, Ca. *Cardioichnus*.

L'anàlisi de la variació de les traces fòssils i icnoassociacions al Baix Llobregat permet establir algunes zonacions (fig. 33). Primerament es pot diferenciar una zona amb abundància de *Skolithos* (a la part septentrional, El Papiol, Pic d'en Valls, Sant Vicenç dels Horts) d'una altra on aquesta traça és absent (El Tarc, Can Albareda, Torrent del Terme) (fig. 33D). Tenint en compte que *Skolithos* és una estructura vertical





generalment relacionada amb ambients energètics o inestables, la seva distribució suggereix una divisió proximal/distal de la ría. En la part més proximal de la ría (El Papiol) també apareix una altra associació icnològica, dominada per *Ophiomorpha*, corresponent als canals de la fàcies 1 que representen aports més importants i permanents que la fàcies 2. D'altra banda, la variació en general de l'abundància de les traces fòssils en les diferents associacions i afloraments (fig. 33A,B) també suggereix l'existència d'un gradient longitudinal que podria estar relacionat amb la salinitat (fig. 33C) com indica el fet que les traces d'equínids, organismes clarament marins i estenohalins, només es reconeixin en els sectors més distals.

Totes aquestes dades permeten interpretar aquesta unitat com dipositada en un medi de ría o badia amb importants influències detrítiques d'origen continental més importants a la part proximal. Les associacions de traces fòssils presenten una marcada variació entre afloraments en direcció axial que cal relacionar amb canvis en l'energia i la salinitat del medi des de la capçalera de la ría fins a mar obert (fig. 33).

### 3.2.7. Discussió

#### • Bioturbació i icnofàbriques en la unitat de margues blaves

Les margues blaves presenten una fàbrica homogènia, sense laminació. L'absència de laminació ve donada per la presència de bioturbació que malgrat no manifestar-se en forma de traces fòssils ben definides va ser capaç de produir l'homogeneització del sediment.

---

Figura 33. Distribució paleogeogràfica de les traces fòssils i icnoassociacions de la Unitat lutítico-sorrenca superior. A. Posició paleogeogràfica de les principals icnofàbriques. Comparar els diagrames amb els de les figures 31 i 32. B. Variació de Nord a Sud de l'abundància dels icnofòssils més importants. Abreviatures per icnofòssils i afloraments com en figures anteriors. C. Zonació proposada de la salinitat en el Baix Llobregat durant el Pliocè. D. Divisió de la conca en una zona amb abundants *Skolithos* i una altra on aquesta estructura és absent.

*Figure 33. Paleogeographical distribution of trace fossils and ichnoassociations of the Upper sandy clays unit. A. Paleogeographical position of the main ichnofabrics. Compare with fig. 31 and 32. B. North-South variation in the abundance of the main trace fossils. Abbreviations for the ichnofossils and outcrops as in previous figures. C. Salinity zonation proposed for the Baix Llobregat during the Pliocene. D. Division of the basin in a Northern area with abundant *Skolithos* and a Southern one where this trace is absent.*

La fauna coneguda de les margues blaves inclou nombroses formes infàuniques susceptibles d'alterar la fàbrica sedimentària original. Segons Martinell *et al.* (1989), el 72.3% de les espècies de bivalves són infàunics. Malgrat que aquests organismes són en general bioturbadors poc actius, per la seva abundància van haver de tenir un paper relevant com a perturbadors del sediment com a mínim als nivells més superficials del mateix. A més cal destacar la presència de, al menys, dos espècies d'espátangoideus (equínids irregulars): *Brissopsis papiolensis* i *Schizaster (Brisaster) major* (segons Lambert 1907). Aquests organismes són vàgils i generalment infàunics de manera que poden provocar una abundant i extensiva bioturbació. Altres organismes, com ara cucs o alguns artròpodes, amb potencial de preservació nul o baix com a fòssils, poden també haver tingut un important paper bioturbador.

Malgrat la presència d'aquests organismes capaços de bioturbar el sediment, aquest rarament presenta estructures ben definides i distintives. A més el caracter tou de la roca no permet realitzar estudis de seccions pulides on les estructures podrien ser més manifestes. Malgrat aquestes dificultats tant preservacionals com tècniques, en alguns casos s'han pogut reconèixer algunes estructures prou manifestes com per a ser considerades (fig. 30). S'han identificat pistes vermiformes, estructures atribuïbles a equínids, caus en general de petit diàmetre ramificats i també espiralats (cf. *Gyrolithes*). Les pistes d'equínids donen una idea de la consistència del sediment doncs només el cordó central es clar, emfasitzat per la diagènesi, mentre que al seu voltant es reconeix un àrea difosa de sediment poc manifesta i només reconeixible quan talla altres estructures.

La no preservació o pobra preservació de les traces ve donada per dos motius principals: la homogeneïtat litològica i la consistència original del substrat. D'una banda el fet de tenir un sediment tant homogeni litològicament com ho són les margues blaves, fa que les estructures hi puguin ser presents però no posar-se de manifest. D'altre banda, cal considerar que la majoria de les estructures probablement van ser produïdes en la part més superficial del sediment on l'elevat contingut en aigua faria difícil la seva preservació. En el cas que haguessin existit traces profundes, aquestes sí podrien haver tingut més possibilitats de preservar-se ja que haurien estat excavades en substrats una mica més defluidificats.

Per tant, les característiques de les margues blaves suggereixen l'existència d'una comunitat endobentònica important i variada dominada per sedimentívors vàgils infàunics però poc profunds. Aquestes característiques poden correspondre a

un medi obert i tranquil però amb una tasa de sedimentació important que impediria la defluidificació del sediment superficial dificultant així la preservació de les traces.

- **Significació de la presència de rastres de tetràpodes**

Tant els mol·luscs com la seva icnofàbrica suggereixen unes condicions de sedimentació somes per a les margues blaves, potser valorable en algunes desenes de metres. La presència de rastres de tetràpodes (lãm. 2B) a l'aflorament de Plaça de les Bruixes (Martinell & Marquina 1984) indica que al menys localment la profunditat va ser pràcticament zero. Els rastres reconeguts són clarament l'evidència d'un petit tetràpode caminador. Tenint en compte les dimensions estimables del organisme productor, la làmina d'aigua, si hi era present, no podria ser major de pocs centímetres. A més a més la preservació d'aquestes traces en un sediment presumiblement tant tou, sembla indica una certa defluidificació que podria estar relacionada amb una curta emersió. Malgrat això cap dels autors que han descrit aquest aflorament han posat de manifest cap tipus d'estructures que puguin confirmar aquest fet (*mudcracks, raindrops, ...*). La secció d'on provenen les petjades no ha pogut ser estudiada per l'autor ja que es troba coberta des de fa bastants anys. En qualsevol cas, la presència de rastres de locomoció assenyala que, com a mínim puntualment, les margues blaves poden correspondre a làmines d'aigua molt petites, fet que és compatible amb la posició paleogeogràfica marginal i parcialment aïllada de l'aflorament de Plaça de les Bruixes.

- **ICNOFÀBRICQUES DE LES FÀCIES 1 (CANALS) DE LA UNITAT LUTÍFICO-SORRENCA SUPERIOR**

A l'aflorament d'El Papiol les fàcies sorrenques de canal són les millor representades en la Unitat lutífico-sorrenca superior. En la fàbrica d'aquests dipòsits dominen les estructures d'origen hidrodinàmic sobre les biogèniques. Aquesta fàcies es va formar en un medi energètic amb múltiples i freqüents episodis d'erosió-sedimentació que dificultaven la instal·lació d'una comunitat bentònica capaç de produir una bioturbació extensiva i alhora eliminaven per erosió les estructures formades. Malgrat aquestes condicions desfavorables tant a la producció com a la preservació de les traces fòssils, en alguns casos es pot reconèixer *Ophiomorpha*, amb domini dels pous sobre els túnels, que es presenta tallant la laminació (fig.31). També es poden reconèixer alguns nivells primis (pocs cm) amb bioturbació extensiva de tipus *Macaronichnus*. La icnofàbrica presenta significatives similituts amb la icnofàbrica 3 (*Macaronichnus-Ophiomorpha ichnofabric associated with*

*primary lamination*) de Pollard *et al.* (1993). Aquests autors descriuen aquesta icnofàbrica per dipòsits de dunes submarines en zona de plataforma oberta. Les condicions a El Papiol són ben diferents ja que es tracta de rebliments multiepisòdics de canals submarines. *Macaronichnus* ha estat interpretat per diversos autors (Curran 1985, Pollard *et al.* 1993) com produït per poliquets sedimentívors immediatament després de la deposició i afectant només els primers centímetres del sediment sota la interfase amb l'aigua. Això fa que sigui conegut d'ambients energètics on domina l'acreció sobre l'erosió, com ara dunes submarines. En el cas que ens ocupa, la seva presència podria estar relacionada amb la migració d'algun tipus de dunes pel fons dels canals.

• **Les associacions postdeposicionals de les fàcies 2 de la Unitat lutíico-sorrenca superior**

Els nivells de sorres corresponents a la fàcies 2 en la Unitat lutíico-sorrenca superior presenten un contingut icnològic molt característic diferent tant del de les fàcies 1 com del de les argiles associades. Es tracta d'associacions resultants de la colonització dels nous substrats produïts per la deposició ràpida de les sorres. Les associacions varien d'un aflorament a un altre però totes coincideixen en mostrar una estratificació ecològica (*tiering*) en dos nivells.

El nivell superior inclou traces de pastura de tipus *Phycosiphon* i/o *Scalarituba* que poden arribar a constituir, en alguns casos, el 100% de la fàbrica en els mil·límetres més superiors dels estrats de sorres. Aquestes traces són resultat de l'activitat de petits organismes sedimentívors vàgils que exploten, en alguns casos totalment, la matèria orgànica dels nivells més superiors de les sorres i dels materials més fins dipositats immediatament després.

El nivell inferior l'ocupen traces tipus *Thalassinoides* (al sector Nord: El Papiol, Pic d'en Valls, El Tarc) o *Laminites/Cardioichnus* (a la part Sud: Can Albareda, Torrent del Terme), produïdes per petits crustacis i equínids irregulars, respectivament. Aquests organismes són més complexos, de cicle vital més llarg i major tamany que els que presumiblement produïrien les estructures del nivell superior. Això fa que hagin de ser considerats no com organismes oportunistes, sinó com organismes més resistents capaços de sobreviure la sedimentació de les sorres i d'ocupar-les posteriorment. Ambdós tipus d'estructures corresponen a l'activitat de sedimentívors i es desenvolupen a la base dels nivells de sorres. Aquesta posició els permet, d'una

banda aprofitar les millors condicions d'oxigenació i les facilitats per l'excavació de les sorres, però alhora els permet explotar les argiles infrajacentes més riques des d'un punt de vista nutritiu.

L'estructuració en dos nivells de les comunitats postdeposicionals és, doncs, resultat de la necessitat d'una optimització en l'explotació dels recursos nutritius del substrat. El major contingut en matèria orgànica dels sediments fins (Purdy 1964, Boucot 1981) fa que la base i el sostre dels nivells de sorres siguin els llocs més indicats per a l'activitat dels organismes sedimentívors.

Les associacions postdeposicionals del Pliocè del Baix Llobregat estan dominades per traces de sedimentívors vàgils. Normalment aquest tipus d'associacions estan dominades per *Domichnia* (Pemberton *et al.* 1992b), però no es rara la presència de sedimentívors en substrats recolonitzats en ambients estuarins o de badia (Vossler & Pemberton 1988).

• **Significació de la distribució de les traces fòssils de la Unitat lutíico-sorrenca superior**

Les associacions de traces fòssils en la Unitat lutíico-sorrenca superior presenten importants variacions entre els diferents afloraments (fig. 33A, B). Aquesta diversitat en un àrea relativament petita és coherent amb un ambient de transició com és una ría soma.

Aquesta variació pot ser en part explicada per criteris sedimentològics. L'associació icnològica de les fàcies 1, comentada anteriorment, ha estat únicament reconeguda a El Papiol, on les fàcies de canals presenten un desenvolupament important.

D'altra banda, a partir de les associacions predeposicionals relacionades amb les fàcies 2, és possible distingir dues zones dintre de la ría pliocena. Els afloraments septentrionals (El Papiol, Pic d'en Valls, Sant Vicenç dels Horts) presenten un domini de *Skolithos* que és absent de la zona sud (El Tarc, Can Albareda, Torrent del Terme) (fig. 33D) on dominen formes horitzontals (*Sinusichnus* i caus horitzontals) o verticals de petit tamany (caus en J, Y i espirals). Això permet definir una divisió ría proximal-rià distal. Les condicions en el sector proximal serien més inestables, amb una major turbulència i influència de corrents degut a la proximitat del riu, i afavoririen la

presència de caus verticals profunds capaços d'aïllar els organismes de la inestabilitat del fons i de sobreviure a possibles fenòmens erosius.

Pel que fa a les associacions postdeposicionals, es reconeixen formes que ocupen nínxols ecològics similars que es substitueixen entre sí de manera més o menys progressiva de Nord a Sud. Així doncs als afloraments més septentrionals (El Papiol, Pic d'en Valls) *Phycosiphon* domina en exclusivitat el nivell de bioturbació corresponent al sostre de les sorres, a El Tarc és dominant però comparteix aquest nivell amb *Scalarituba* i finalment és secundari al sector meridional (Can Albareda, Torrent del Terme) on domina *Scalarituba* (fig. 33B). De manera similar el nivell inferior, a base de les sorres, presenta freqüents *Thalassinoides* a El Papiol i Pic d'en Valls i alguns a El Tarc, mentre que *Thalassinoides* és absent a Can Albareda i Torrent del Terme on la seva posició és ocupada per traces d'equínids (*Laminites/Cardioichnus*) (fig. 33B). Aquests fenòmens de substitució suggereixen l'existència d'un gradient longitudinal. En una ria com la que era el Baix Llobregat durant el Pliocè la salinitat havia de jugar un paper molt important. La presència de pistes d'equínids al sector més distal (Can Albareda, Torrent del Terme) coincideix amb l'abundància de fòssils d'aquests organismes que només són presents esporàdicament a la Unitat lutítico-sorrenca superior més al Nord. Els equínids són organismes estenohalins, que només accepten condicions salines normals. Aquest fet recolza la significació de la salinitat com a factor principal per a la distribució de les associacions postdeposicionals de la Unitat lutítico-sorrenca superior. Considerant conjuntament les dades malacològiques comentades prèviament de l'aflorament de Castellbisbal (el més septentrional), podem establir una zonació de la ria pliocena del Baix Llobregat pel que fa a les Unitats lutítico-sorrenques amb medis salobrosos al Nord (Turó de la Gatxarella), marins normals al Sud (Can Albareda, Torrent del Terme) i una zona de transició al sector central (El Papiol, Pic d'en Valls, El Tarc) amb salinitats intermèdies i/o variables (fig. 33C).

#### • La batimetria

La batimetria dels dipòsits pliocens del Baix Llobregat ha estat motiu de certa polèmica per diversos autors. Cuenca (1974) i Civis (1975, 1976, 1977 a, b, 1982) considerant el Baix Llobregat com una ria profunda i valoren la seva batimetria en alguns afloraments, al voltant d'un centenar de metres. Posteriorment l'estudi de la malacofauna (Marquina 1979, 1988, Martinell 1985, 1988, Llop *et al.* 1990) ha posat de manifest el caràcter som d'aquests dipòsits. Martinell & Marquina (1981)

descobreixen els rastres de tetràpodes de Plaça de les Bruixes evidenciant el caràcter localment molt som dels dipòsits. Les evidències icnològiques i sedimentològiques coincideixen amb les apreciacions dels malacòlegs. La presència de canals amb *Ophiomorpha*, les pobres icnoassociacions en les unitats lutífitico-sorrenques dominades per sedimentívors mòbils, així com la marcada influència de les variacions en la salinitat i l'energia del medi corresponen bé amb un medi marginal som. De tota manera cal assenyalar que tots els afloraments es troben als marges de la conca i per tant no es poden fer valoracions batimètriques en la zona central que seria presumiblement una mica més profunda.

- **Consideracions generals sobre l'evolució del rebliment sedimentari**

L'avanç de la transgressió zancleana sobre la vall excavada durant el Messinià va produir la formació d'una superfície de bioerosió i d'uns dipòsits de bretxes associats (Unitat de bretxes basals) que denoten un caràcter litoral i que juntament amb al menys part de la Unitat lutífitico-sorrenca de transició i de la Unitat margues blaves constitueix la part transgressiva del rebliment sedimentari de la sèrie pliocena del Baix Llobregat. Un cop instal·lada la ria, la sedimentació en aquesta seria fonamentalment argilosa amb poca influència detrítica continental als sectors més centrals, profunds o protegits on hi viuria una abundant fauna bentònica constituïda fonamentalment per mol·luscs indicatius de condicions somes i amb organismes endobentònics capaços de produir una bioturbació generalitzada (Unitat de margues blaves). En les zones més marginals i en estadis més avançats de la regressió, les influències continentals foren molt més importants en forma de canals en la zona més proximal o en forma d'aports més esporàdics i laminars susceptibles de ser colonitzats per organismes oportunistes a la resta (Unitat lutífitico-sorrenca superior), o inclús per deposició de cons de dejecció submarins de petits torrents (Unitat de bretxes superiors). La ria mostraria una zonació longitudinal, al menys per les unitats més sorrenques controlada per la salinitat i també per l'energia de les aigües

- **L'alteració diagenètica d'algunes traces**

Els *Skolithos* i algunes altres traces de les associacions predeposicionals de la Unitat lutífitico-sorrenca superior presenten importants alteracions de tipus diagenètic que han portat a alguns autors (Gibert 1992, Gibert & Martinell 1993, 1995) a cometre alguns errors terminològics. Aquestes alteracions són fonamentalment de dos tipus:

Alguns caus presenten un gruix revestiment limonític, internament laminat i externament ornamentat amb protuberàncies en forma mamelonar o acicular. Aquestes estructures van ser considerades com diferents icnospècies d'*Ophiomorpha* (Gibert 1992) pel seu aspecte extern. En realitat es tracta de *Skolithos*, *Sinusichnus* i altres tipus de caus que han estat embolcallats per una crosta limonítica d'origen diagenètic. Costres similars apareixen a sostre i base d'alguns nivells de sorres.

Altres caus presenten una aureola diagenètica de forma bulbosa, internament laminada i de vegades en relació a costres limonítiques. Originalment van ser considerades com a *Rosselia* (Gibert 1992) però es tracta de caus verticals tipus *Skolithos* amb rebliment sorrenc al voltant dels quals s'han format aquestes aureoles.

Aquest tipus de fenòmens es donen allà on existeix un límit entre sorres i argiles, no només en caus sinó també en límits d'estrat. La circulació de fluids amb Fe pel material permeable (sorres) podria produir la precipitació de minerals de ferro en les interfases, potser en algun cas afavorida per la presència de revestiments orgànics als caus.

### 3.2.8. Breu descripció dels icnofòssils reconeguts (taula III)

*Cardioichnus planus* (lám. 2C). Es tracta d'hiporelleus convexes de contorn ovoidal i morfologia bilobulada de uns 6-8 cm de llargada per 5-6.5 cm d'amplada. Es tracta de pistes de repòs d'equínids irregulars i es presenten en continuïtat amb *Laminites*.

*Caulostrepsis*. Es tracta de perforacions en forma de bossa constituïdes per una galeria en forma d'U. S'atribueix a anèl·lids perforants

Caus horitzontals. Dintre d'aquest nom s'han inclòs totes aquelles estructures que representen túnels oberts però que no han pogut ser adscrites a cap taxó concret.

cf. *Gyrolithes*. Amb aquest nom hem designat caus espirals de diàmetre petit (3-4 mm) que apareixen rarament a la unitat de margues blaves. La morfologia és comparable a l'icnogènere *Gyrolithes*, però el petit tamany és inusual per a aquest gènere.

*Entobia*. Es tracta de perforacions produïdes per esponges cliònides constituïdes per cambres de petites dimensions (mai més de pocs mm) connectades per canals.



Estructures d'equínids irregulars. Són estructures horitzontals amb límits poc definits amb un o dos cordons centrals d'uns 2 mm de diàmetre que es troben envoltats per un aureola de sediment bioturbat però sense estructura evident.

*Gastrochaenolites*. Són perforacions produïdes per bivalves litòfags amb morfologia allargada i secció circular. Al Baix Lobregat s'han reconegut les espècies *G. lapidicus* i *G. torpedo*.

*Laminites* (lãm. 2C). Correspon a excavacions horitzontals de secció ovoidal (amplada entre 4 i 6 cm) amb rebliment tipus menisc. Es troba associat en continuïtat amb *Cardioichnus* i representa traces de pastura d'equínids irregulars.

*Macaronichnus*. Aquest taxó correspon a estructures produïdes per poliquets sedimentívors i es caracteritza per presentar un fi revestiment i un rebliment diferent del sediment encaixant.

*Maeandropolydora*. Són perforacions més o menys sinuoses amb dues entrades separades atribuïbles a anèlids.

*Oichnus*. Es tracta d'orificis de secció circular produïts per gasteròpodes carnívors en conquilles d'altres organismes. Es coneixen dues icnospècies: *O. simplex*, amb secció longitudinal cilíndrica, i *O. paraboloides*, amb secció longitudinal troncocònica.

*Ophiomorpha nodosa*. Correspon a caus i sistemes de caus construïts per decàpodes caracteritzats per l'existència d'un revestiment argilós amb aspecte extern mamelonat.

*Palaeophycus*. Es tracta de caus amb secció circular (no més gran d'1 cm) i fi revestiment, normalment horitzontals.

Petits caus en Y, J i espiral. Es tracta de petits caus amb tendència a ser verticals, d'uns 1-3 mm de diàmetre, que apareixen gregàriament a El Tarc i presenten morfologia rectilínia, en J, en Y, o amb tendència espiral. Es presenten envoltats d'un gruixut revestiment limonític.

*Phycosiphon incertum* (lãm. 2F). Són petites excavacions (1-2 mm) sinuoses sovint formant lòbuls amb desenvolupament horitzontal atribuïbles a cucs sedimentívors.

Unitat de bretxes basals i substrat pre-pliocè associat	<i>Gastrochaenolites</i> ** <i>Entobia</i> ** <i>Maeandropolydora</i> <i>Caulostrepsis</i> <i>Trypanites</i>
Unitat de margues blaves	Estructures vermiformes* Estructures d'equínids irregulars** Caus horitzontals Sistemes de petites galeries cf. <i>Gyrolithes</i> <i>Oichnus</i> Estructures de duròfags Rastres de tetràpodes
Unitat lutítico-sorrenca superior	<i>Ophiomorpha</i> <i>Macaronichnus</i> <i>Skolithos</i> ** <i>Palaeophycus</i> * <i>Sinusichnus</i> * Petits caus en Y, J i espiral* Caus horitzontals <i>Planolites</i> <i>Phycosiphon</i> ** <i>Thalassinoides</i> * <i>Scalarituba</i> * <i>Laminites</i> * <i>Cardioichnus</i> * <i>Repichnia</i> simples
Unitat de bretxes conglomeràtiques superiors	<i>Entobia</i>

Taula III. Traces fòssils presents en les diferents unitats marines del Pliocè del Baix Llobregat. Els asteriscs indiquen la freqüència (dos: abundant, un: comú, zero: present).

Table III. Trace fossils present in the different marine Pliocene units of the Baix Llobregat. The asterisks indicate their frequency (two: abundant, one: common, zero: present).

*Planolites montanus* (lám. 2G). Excavacions vermiformes similars a *Phycosiphon*, però menys sinuoses i una mica més gruixudes (3 mm).

*Repichnia* simples. Són petites pistes superficials que es desenvolupen a sostre d'alguns nivells de sorres.

*Scalarituba* (lám. 2H). Es tracta d'excavacions horitzontals d'entre 2 i 9 mm d'amplada constituïdes internament per paquets discrets de sediment. S'han reconegut dues icnospècies: *S. missouriensis*, amb una única alineació de paquets de sediment, i *S. biserialis*, amb aquests paquets ordenats en parelles.

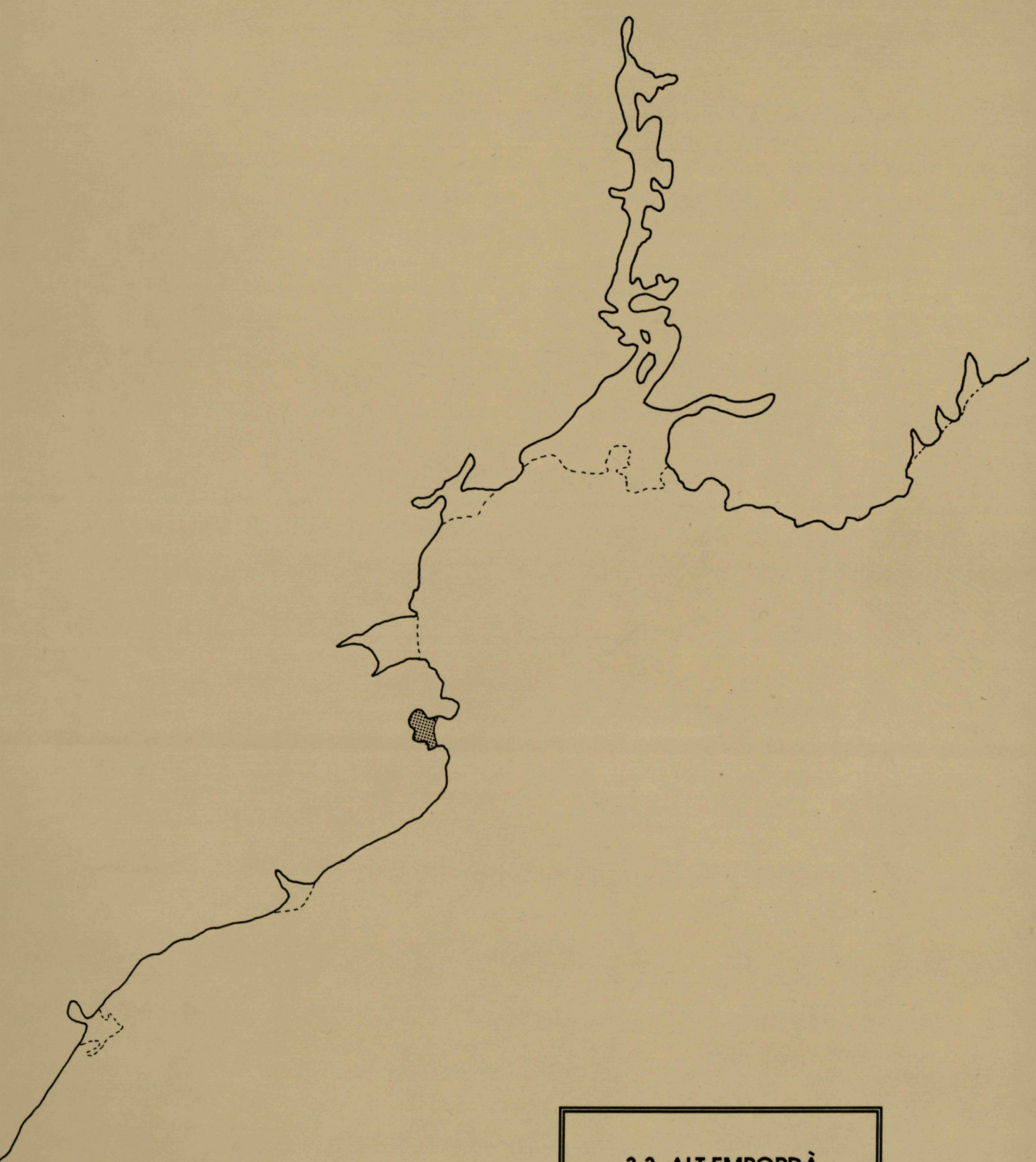
*Sinusichnus sinuosus* (l'àm. 6 G, H). Són caus ramificats i sinuosos de diàmetre al voltant d'1 cm atribuïbles a decàpodes sedimentívors. Generalment estan envoltats per gruixudes costres limonítiques.

*Skolithos linearis* (l'àm. 2D). Són caus verticals de diàmetre variable (0.5-3 cm) sense ramificacions. Sovint presenten costres limonítiques o aureoles diagenètiques.

*Thalassinoides suevicus* (l'àm. 2E). Sistemes de galeries horitzontals ramificats.

*Trypanites*. Petites perforacions rectilínies d'uns 7 mm de longitud.





**3.3. ALT EMPORDÀ**





### 3.3. L'ALT EMPORDÀ

#### 3.3.1. Situació geogràfica

La conca de l'Alt Empordà es situa a la comarca del mateix nom dintre de la província de Girona (Catalunya). Es tracta d'una plana creuada per dos rius principals: el Fluvià (al Sud) i la Muga (al Nord). Aquesta plana queda limitada al Nord pels relleus del Cap de Creus i dels Pirineus Orientals i al Sud pel Montgrí i les Gavarres. Cap a l'E s'obre a la Mediterrània en el golf de Roses. Al centre de la conca es situa la ciutat de Figueres. Altres localitats menors són Castelló d'Empúries, Sant Pere Pescador, Siurana d'Empordà, Vilacolum o Riumors.

#### 3.3.2. Antecedents

Els materials pliocens de l'Alt Empordà ja van ser identificats per Chia (1879) i Vidal (1886) al final del segle passat, però va ser Almera (1894 a,b) el primer en descriure els jaciments i donar llistes de fauna. Angelis (1894) es va ocupar dels antozous i briozous, mentre que diversos autors fan referència al Pliocè empordanès en els seus treballs (Font i Sagué 1907, Faura i Sans 1916, Solé Sabarís 1933).

En els anys següents els treballs són més aviat escassos. Ribera *et al.* (1945) estudien el Pliocè continental, mentre que el Pliocè marí es objecte de diversos estudis paleontològics (Villalta 1958, Habert 1966), alguns d'ells inclosos en monografies més generals (Via 1941, Reguant 1961, 1964, Porta 1969).

A partir dels anys 70 els treballs, fonamentalment paleontològics, es fan molt més freqüents, impulsats per l'activitat del Grup de Paleontologia de la Universitat de Barcelona. La major part dels treballs fan referència a la malacofauna dels dipòsits marins (Martinell 1976, 1977, 1979a, b, 1980, 1981a, 1982 c, d, De Renzi & Martinell 1979, Martinell & Domènech 1982, Domènech 1983, Gili 1991). Altres treballs fan referència a altres grups d'invertebrats: braquiòpodes (Encinas 1992, Encinas & Martinell 1992), decàpodes (Via *et al.* 1982), cirrípedes (Riba-Viñas 1984, Riba-Viñas & Martinell 1986). Pel que fa a la microfauna s'han estudiat els foraminífers (Martinell 1971, 1973, Civis 1975, Chérif 1976, Carbonel & Magné 1977, Magné 1978), el contingut palinològic (Solé & Valle 1977, Suc 1980, Valle 1983) i el nanoplàncton (Matias 1990). Els otòlits (Nolf & Martinell 1980) i la flora (Sanz de Síria 1982) també han estat estudiats. La icnologia ha estat tractada per Martinell (1982b, e) i Martinell & Domènech (1986, 1995) fent referència a la bioerosió. A més a més s'han publicat altres treballs discutint diverses consideracions tafonòmiques i paleoecològiques (Martinell & Pedemonte 1974, Martinell *et al.* 1982, Martinell & Hoffmann 1983, Hoffmann & Martinell 1984, Martinell &

Domènech 1990a). Les dades de tipus paleontològic dels dipòsits marins han estat recollides en diverses síntesis (Martinell 1982a, Martinell & Domènech 1985) i comparades amb les de les altres conques pliocenes catalanes (Martinell *et al.* 1984, 1989, Martinell 1985, 1988) i amb la del Rosselló (Martinell & Domènech 1987-88). Pel que fa als dipòsits continentals aquests han estat menys estudiats i només cal destacar l'estudi del jaciment de mamífers de Vilafant (Gibert *et al.* 1979, Agustí 1982).

Pel que fa a l'estudi del rebliment sedimentari de la conca, cal fer referència a algun treball puntual (Verdaguer *et al.* 1986) i a l'estudi més complet de Fleta & Escuer (1991) i Fleta *et al.* (1991). Finalment, cal citar la síntesi de Agustí *et al.* (1990) que inclou abundants dades tant geològiques com paleontològiques i estratigràfiques.

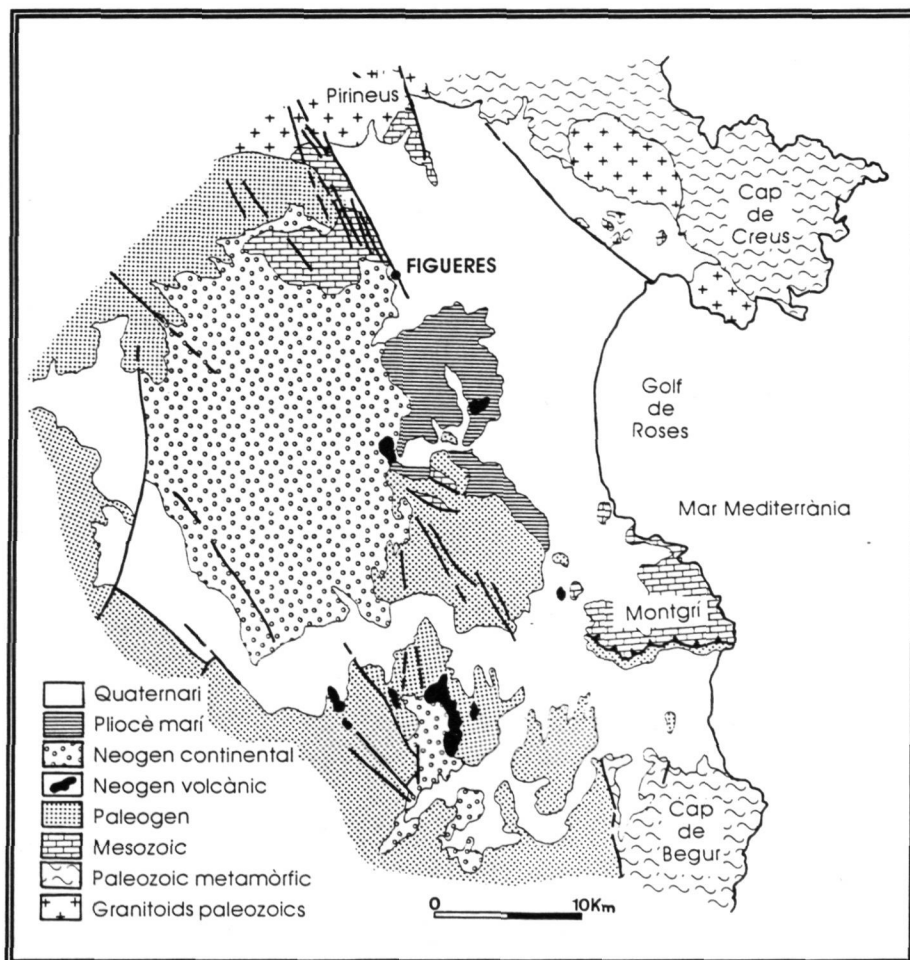


Figura 33. Mapa geològic de l'Alt Empordà

Figure 33. Geological map of the Alt Empordà.



### 3.3.3. Situació geològica

La conca de l'Empordà constitueix una fossa d'edat neògena situada entre de la terminació oriental de l'orogen pirenaic i l'acabament septentrional dels Catalànids (fig. 33). Aquesta fossa es troba limitada per un conjunt de falles principals. Al Nord, la falla de Roses separa la conca del *horst* paleozoic de L'Albera-Roc de Frausa-Roda, corresponent a la Zona axial pirinenca. El límit occidental ve definit per la falla d'Albanyà, mentre que al Sud la fossa queda separada del Baix Empordà per la fractura de Ventalló-Viladamat (Fleta & Escuer 1991). El substrat sobre el que s'instal·la la sèrie neògena està constituït per un sòcol paleozoic amb una cobertora mesozoica i eocena, i es presenta compartimentat en blocs per falles de direcció NW-SE (Iglesias 1985, Casas *et al.* 1991). La sèrie neògena està constituïda per una potent sèrie miocena, continental i marina, ben coneguda del subsòl (Fleta & Escuer 1991) i que inclou materials de tipus volcànic (Vilacolum, Palau de Sta Eulàlia, etc.). Per sobre dels materials miocens s'instal·la la sèrie pliocena.

### 3.3.4. Estratigrafia i paleogeografia

Els materials pliocens a l'àrea de l'Alt Empordà s'instal·len sobre dipòsits d'edat miocena en la major part de la conca com testimonia el sondatge GEOT-1 realitzat als voltants de Vilacolum (Fleta & Escuer 1991). També poden instal·lar-se sobre materials volcànics miocens (Vilacolum, Palau de Sta Eulàlia) i en els marges de la conca sobre carbonats mesozoics (St. Miquel-St. Mori) i eocens (Els Olivets, Viladamat). Les condicions d'aflorament dels dipòsits pliocens a l'Alt Empordà no permeten la definició d'unitats litostratigràfiques formals. Malgrat això, Fleta & Escuer (1991) fan un intent per agrupar-los en diversos sistemes sedimentaris.

El Pliocè empordanés inclou dipòsits continentals i marins.

#### • El Pliocè continental

Aflora a les zones més internes (Oest i Nord) de la conca. L'única datació donada per aquests dipòsits prové de la localitat de Vilafant, que Agustí (1982) situa a la zona MN14 corresponent al Ruscinià inferior (Pliocè inferior). Les unitats continentals són àmpliament descrites per Fleta & Escuer (1991) i Fleta *et al.* (1991) que diferencien dos sistemes sedimentaris: el de Cistella-Llers i el de St. Climent-Perelada. Ambdós representen associacions de ventalls i plana al·luvials i es diferencien per la procedència dels clastes: granitoids i eocens al primer, i paleozoics al segon.

• Pliocè marí

El Pliocè marí aflora principalment al centre i SE de la conca. Ha estat datat com a Zancleà inferior (Pliocè inferior) a partir de l'estudi del nanoplàncton (Martinell 1987, Matias 1990). Inclou un conjunt de dipòsits variats tant des del punt de vista litològic com faunístic (Martinell 1982a, Martinell & Domènech 1985) (fig 34). La sèrie més completa es pot veure als voltants del poble de Siurana, i mostra caràcter regressiu incloent, de base a sostre, margues, sorres i conglomerats. El Pliocè marí s'instal·la sobre un substrat que quan és de litologia carbonatada es presenta intensament perforat.

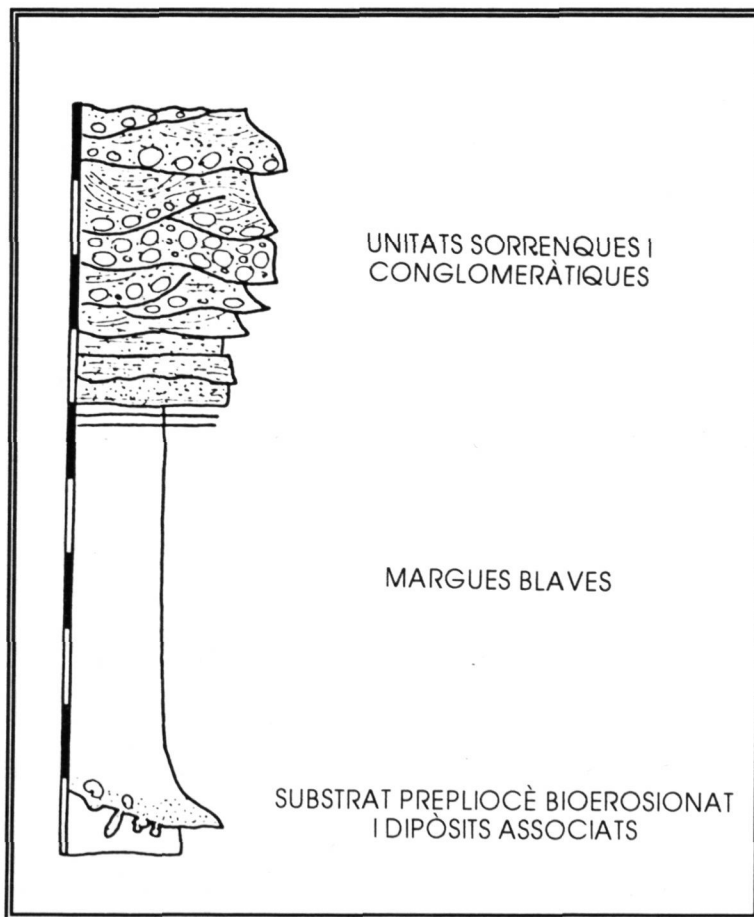


Figura 34. Columna estratigràfica sintètica del Pliocè marí de l'Empordà (sense escala).

Figure 35. Synthetic stratigraphic section of the marine Pliocene of l'Empordà (without scale).

Al 1973, Martinell diferencia quatre unitats dintre de les margues blaves en base a criteris litològics i paleontològics, però el primer treball estratigràfic més complet correspon a Fleta & Escuer (1991) que diferencien diverses unitats dintre dels dipòsits marins pliocens:

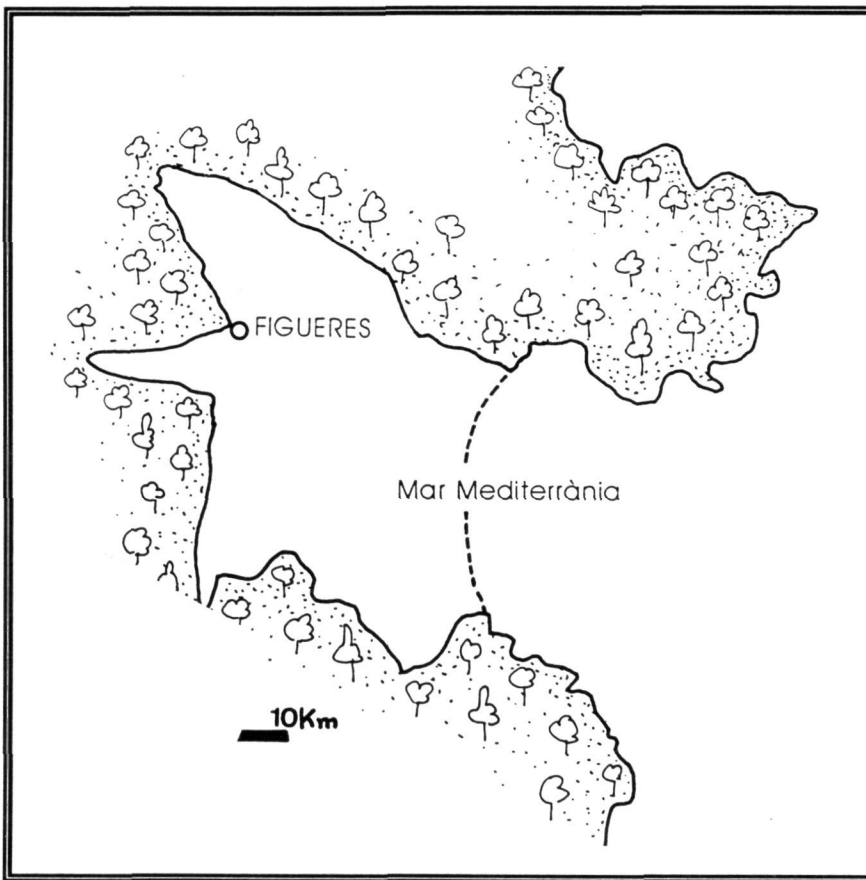


Figura 35. Esquema paleogeogràfic de l'àrea de l'Alt Empordà durant el Zancleà. La línia discontinua correspon a l'actual línia de costa.

Figure 35. Paleogeographical map of the Alt Empordà during the Zanclean. The discontinuous line corresponds to the present-day position of the shoreline.

- Margues blaves de Siurana. Es tracta d'argiles gris-blavoses a ocre que contenen abundant fauna de gasteròpodes i bivalves. Els afloraments més importants d'aquesta unitat (Feixa Torta, Siurana) només mostren uns pocs metres, però a partir de sondatges es sap que assoleix fins 50 m en el sondatge GEOT-1 i fins 200 m a l'àrea de Ventalló (Fleta & Escuer 1991).

- Les unitats sorrenques. Fleta & Escuer (1991) diferencien dues unitats sorrenques: la unitat Avinyonet, aflorant a l'àrea de Vilafant i d'Avinyonet de Puigventós, i la unitat Vilamalla, aflorant a Siurana, Vilamalla i Arenys d'Empordà per sobre de les margues blaves. A més cal considerar els dipòsits sorrencs lligats a paleorelleus que sovint es troben intensament perforats. Aquests dipòsits, presents a Vilacolum, Els Olivets, St. Miquel-St. Mori, Viladamat i Palau de Sta. Eulàlia, acostumen a ser més rics en fauna incloent especialment pectínids, ostreids, balànids i braquiòpodes.

- Les unitats conglomeràtiques. Fleta & Escuer (1991) diferencien dues unitats de grava a l'Alt Empordà: la unitat Vilafant i la unitat Viladamat. A l'àrea de Viladamat és

on aquests dipòsits assoleixen un màxim desenvolupament (fins a 25 m de potència) (Verdaguer *et al.* 1986).

Des d'un punt de vista paleogeogràfic (fig. 35) l'Alt Empordà durant el Pliocè va ser una badia amb sedimentació tranquil·la amb aportats procedents del continent en forma de fan-deltas, com a l'àrea de Viladamat i Ventalló, o aportats per sistemes al·luvials a les zones Nord i Oest de la conca. En la zona interna de la badia va proliferar una abundant i diversa fauna característica de medis somers.

### 3.3.5. Situació i característiques dels principals afloraments

La majoria dels afloraments del Pliocè marí a l'Empordà es situen a la zona central de la conca, al SE de Figueres. Descripcions àmplies poden ser trobades a Martinell (1982a) i Martinell & Domènech (1985). Aquí només descriurem aquells que tenen un major interès des d'un punt de vista icnològic.

- Siurana

En l'àrea del poble de Siurana d'Empordà, l'aflorament pliocè més important es troba a la secció del cementiri. Aquest jaciment ha estat objecte de nombrosos treballs des que va ser per primer cop descrit per Villalta (1958). Les descripcions més acurades són les donades per Martinell (1976) i Martinell & Domènech (1985) que diferencien diverses unitats caracteritzades tant des d'un punt de vista litològic com faunístic. Aquesta secció es troba constituïda per uns 6 m. de argiles blaves a la base i groguenques a la part superior, cobertes per uns 2 m. de sorres de gra fi. En altres sectors a prop de la mateixa localitat es poden reconèixer els nivells superiors de la sèrie marina pliocena constituïts per sorres i graves.

- Sant Mori-Sant Miquel de Fluvià

Aquest aflorament es situa al costat de la carretera que uneix aquestes dues poblacions i al tall de la línia fèrrea. És l'aflorament conegut des de més antic (Almera 1894). En la carretera es pot reconèixer el contacte entre el Pliocè constituït per sorres amb pectínids, ostreïds, cirrípedes i braquiòpodes, amb les calcàries mesozoiques que es troben intensament perforades. A l'adjacent talús del ferrocarril es pot reconèixer una potent sèrie (al voltant d'uns 12 m) de sorres amb abundants fòssils, fonamentalment mol·luscs, cirrípedes i anél·lids del gènere *Ditrupe* (Martinell & Domènech 1985).

- Els Olivets

Aquest aflorament es situa a menys d'1Km a l'Oest de la localitat de Vilacolum. És un petit aflorament d'uns 3 m de potència per uns 25 m d'extensió lateral constituït per sorres amb una intercalació conglomeràtica. Aquests dipòsits s'instal·len

discordantment sobre calcàries de l'Eocè la superfície de les quals presenta abundants perforacions.

- Viladamat

Aquest aflorament es troba en una cantera entre les localitats de Viladamat i Albons. Els materials aflorants són graves que lateralment passen a sorres litorals que s'emplacen directament sobre el substrat constituït per calcàries eocenes que presenten abundantíssimes perforacions en la superfície de contacte.

Altres localitats d'interès són Palau de Sta. Eulàlia, Feixa Torta, Vilarobau, Camps de Boga, Ventalló, Vilamalla, Mas La Brava i Vilacolum.

### 3.3.6. Icnologia i sedimentologia

- El substrat prepliocè bioerosionat i incrustat

L'activitat bioerosiva afectant al substrat sobre el que s'instal·len els dipòsits marins pliocens, es manifesta allà on la seva litologia és carbonàtica. A aquells llocs on el substrat té una altra composició, fonamentalment d'origen volcànic com a Palau de Sta. Eulàlia o Vilacolum, la bioerosió es limita a afectar les conquilles dels organismes que hi són presents.

Són tres els afloraments on es pot reconèixer bioerosió en relació amb el paleopenyasegat pliocè: Els Olivets, St. Miquel-St. Mori i Viladamat (Martinell & Domènech 1986, 1995). Els tres presenten importants similituds però també marcades diferències.

A Viladamat, els materials pliocens, sorres litorals relacionades lateralment amb graves fan-deltaiques, es posen en contacte amb calcàries de l'Eocè. En la superfície d'aquestes calcàries l'activitat bioerosiva és evident així com la presència de restes d'organismes incrustants (cirrípedes i ostreïds). L'estructura més abundant és *Gastrochaenolites* (làm. 3B), sent presents dues icnospècies *G. lapidicus* i *G. torpedo*, amb diàmetre mig al voltant d'1.5 cm. A més també són presents cubetes poc profundes (4.5-9 cm de diàmetre) atribuïbles a l'acció d'equínids regulars (làm. 3A) i *Entobia* ocupant petites superfícies. Es pot reconèixer una zonació d'aquestes traces amb les cubetes a la part superior, les perforacions de bivalves a la part mitja i *Entobia* a la part inferior (fig. 36A).

A l'aflorament de St. Miquel-St. Mori el Pliocè marí reposa discordantment sobre les calcàries del Cretaci. Aquestes mostren nombroses perforacions de tipus *Gastrochaenolites* (*torpedo* i *lapidicus*) corresponents a bivalves (fig. 36B). La

densitat de *Gastrochaenolites* és de més de 200 icn./m<sup>2</sup>. *Entobia*, *Maeandropolydora* i *Caulostrepsis* són altres traces molt menys freqüents.

A Els Olivets el substrat és calcari d'edat eocena. *Gastrochaenolites* és molt abundant mentre que a la base de l'aflorament, sobre una paleosuperfície horitzontal són molt abundants les cubetes d'equínids fins ara no assenyalades en aquesta localitat.

El conjunt dels icnofòssils presents posa de manifest el caràcter molt litoral i som d'aquests paleopenyasegats com indiquen la presència de perforacions d'equínids regulars pròpies de medis entre 0 i 10 m de profunditat (Fischer 1981, Martinell 1981b) i la gran densitat de *Gastrochaenolites*.

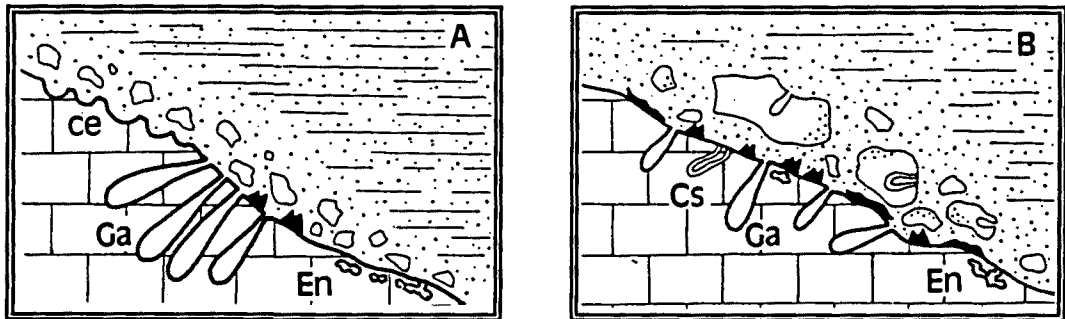


Figura 36. Estructures bioerosives en el contacte substrat-Pliocè. A. Viladamat. Contacte sobre les calcàries eocenes amb cubetes d'equínids (ce), *Gastrochaenolites* (Ga) i *Entobia* (En). B. Sant Miquel-St Mori. Contacte sobre les calcàries mesozoiques amb *Gastrochaenolites* (Ga), *Caulostrepsis* (Cs) i *Entobia* (En).

Figure 36. Bioerosive structures in the Pliocene/substrate boundary. A. Viladamat. Boundary over the Eocene limestones with echinid bowls (ce), *Gastrochaenolites* (Ga) and *Entobia* (En). B. Sant Miquel-Sant Mori. Boundary over the Mesozoic limestones with *Gastrochaenolites* (Ga), *Caulostrepsis* (Cs) and *Entobia* (En).

#### • Unitat de margues blaves

Aquesta unitat es troba constituïda per argiles gris-blavoses, en algun cas una mica sorrenques, i sovint alterades a colors més groguencs. Contenen una abundantíssima i variada fauna, especialment pel que fa als mol·luscs, que ha estat objecte de nombrosos estudis (Domènech 1983, Martinell 1976, Martinell & Domènech 1985, entre d'altres). Els gèneres més freqüents són *Nassarius* entre els gasteròpodes, i *Nuculana* i *Corbula* entre els bivalves. Les conquilles mostren sovint evidències de depredació tant de tipus *Oichnus* (*O. simplex* i *O. paraboloides*) com estructures de duròfags (Martinell *et al.* 1982). L'estructura sedimentària original no és reconeixible, no s'observen evidències de laminació. Pel que fa a les estructures de bioturbació, només s'ha reconegut una forma. Es tracta de caus ramificats amb elements tant verticals com horitzontals que poden ser atribuïts a l'icnotaxó *Thalassinoides*.

Aquests caus es presenten reomplerts per conquilles i són molt abundants a la part més baixa de la sèrie del Cementiri de Siurana (Unitat 2 de Martinell 1973, 1976, Martinell & Domènech 1985) (fig. 37, làm. 3D), encara que també poden aparèixer en altres posicions dintre de la mateixa sèrie o en altres afloraments (Vilarobau, Feixa Torta). Aquest tipus d'estructures són resultat de la introducció de material bioclàstic dintre dels caus en períodes de turbulència (posiblement tempestes) i es poden considerar tempestites tubulars (*sensu* Wanless *et al.* 1988) com les descrites al Baix Ebre. Malgrat l'existència d'aquest procés, les característiques tafonòmiques de la fauna, tal com han estat exposades per Martinell (1976) i Martinell & Domènech (1985) no indiquen una acció important de processos de desarticulació o selecció, sinó que pel contrari indiquen que l'associació era autòctona. Això indica que les possibles turbulències causants del reompliment dels caus, no van implicar una introducció de nou material sinó únicament la removilització de les restes ja existents, suggerint doncs que l'efecte malgrat que significatiu va ser més aviat feble.

Figura 37. Icnofàbrica de les margues blaves dominada per *Thalassinoides* (Th) amb reompliment bioclàstic.

Figure 37. Ichnofabric of the blue clays dominated by shelly-filled *Thalassinoides* (Th).



En la part més superior de la unitat al Cementiri de Siurana, s'intercalen petits nivells de pocs cm de gruix de sorres fines amb *ripples* afectades per fenòmens de bioturbació clars però de difícil atribució. Podria tractar-se fonamentalment de cf. *Teichichnus*.

El conjunt de les característiques faunístiques i icnològiques dels dipòsits argilosos de l'Empordà suggereix un ambient de deposició tranquil, som en un medi de badia en el que puntualment febles tempestes podrien acumular les restes esquelètiques autòctones a l'interior de caus de decàpodes. Aquest medi progressivament rebría més influència d'origen continental fins donar pas a unitats més sorrenques.

#### • Les unitats sorrenques

Els dipòsits marins sorrenques del Pliocè empordanès es situen fonamentalment en dues posicions: en relació a paleorelleus (Vilacolum, St. Miquel-St. Mori, Els Olivets) o bé cobrint les margues blaves (Siurana, Feixa Torta, Vilamalla).

Aquest dipòsits inclouen fauna especialment de bivalves (ostreids, pectínids, *Panopaea*) i en alguns casos de braquiòpodes. En general no mostren evidències

de bioturbació i sovint conserven la seva estructura sedimentària constituïda per laminacions paral·leles, encreuades planars o tipus through. Les úniques estructures de bioturbació presents són esporàdics *Skolithos*. La presència d'*Skolithos* és coherent amb el medi sedimentari litoral i d'alta energia suggerit per les característiques sedimentològiques i paleontològiques.

Altres estructures biogèniques cal buscar-les en relació a les conques dels fòssils, especialment dels ostreïds, que mostren una gran varietat d'estructures de bioerosió: *Entobia*, *Maeandropolydora*, *Caulostrepsis*, *Gnaticnus*, *Podichnus* i *Centrichnus*.

En alguns afloraments (Els Olivets, Siurana), les unitats sorrenques inclouen un important contingut en graves. Aquestes mostren freqüents perforacions de tipus *Entobia*, *Gastrochaenolites* i *Maeandropolydora*. A Els Olivets, dintre del paquet sorrenc s'intercala un nivell conglomeràtic de potència variable (30-70 cm) amb unes característiques molt especials que el fan particularment interessant (Martinell & Domènech 1986, 1995) (fig. 38, lám. 3C). Es tracta d'uns materials intensament perforats amb estructures tipus *Gastrochaenolites*, *Entobia* i *Maeandropolydora*. Aquestes perforacions es presenten afectant als còdols individualment, en alguns casos per totes bandes, i sovint associats a restes d'organismes incrustants (ostreïds, pectínids, cirrípedes). Però, d'altra banda, al sostre del nivell es distingeix un altre conjunt de traces fòssils constituït per *Gastrochaenolites* que perforen indistintament els còdols, la matriu, ambdós alhora o els organismes incrustants. Això permet reconèixer dos conjunts de traces fòssils (*trace fossil suites*) constituint una única associació icnològica. El primer conjunt en el temps correspondria a les perforacions que afecten als còdols com a tals i la seva producció va tenir lloc mentre el sediment encara era mòbil i inconsolidat en forma de graves. El segon conjunt està constituït per les perforacions, tipus *Gastrochaenolites*, que s'originen a sostre del nivell i afecten a la roca com un tot. Aquestes darreres van ser produïdes després que les graves fossin consolidades esdevenint conglomerats. Aquestes dues fases de bioerosió separades per l'enduriment del sediment suggereixen l'existència d'una pulsació eustàtica que podria haver fet emergir el sediment afavorint la seva consolidació. El fet que ambdós conjunts de traces fòssils corresponguin a ambients similars i molt somers (litorals) indica que la pulsació va ser d'ordre petit (potser pocs decímetres o metres).

El conjunt de les característiques icnològiques, sedimentàries i faunístiques dels dipòsits sorrencs posa de manifest el seu caràcter litoral sotmés a una important energia ambiental que no va permetre una bioturbació important.



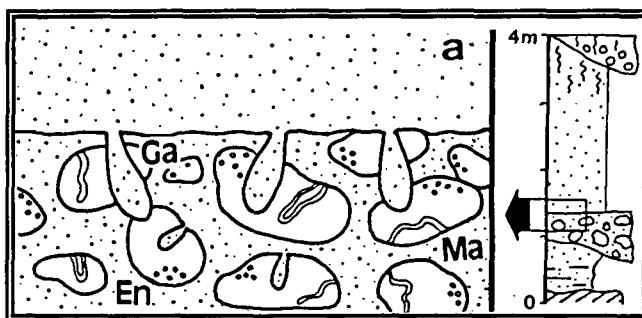


Figura 38. Secció del nivell conglomeràtics de Els Olivets, mostrant la superposició de dos conjunts de traces de bioerosió, el primer previ a la consolidació de les graves amb *Gastrochaenolites* (Ga), *Entobia* (En), *Maeandropolydora* (Ma) i el segon posterior a la cimentació dels conglomerats fonamentalment constituït per *Gastrochaenolites* (Ga).

Figure 38. Section of the conglomeratic layer in Els Olivets, showing two superimposed ichnosuities, the first one temporally previous to the hardening of the sediment, including *Gastrochaenolites* (Ga), *Entobia* (En) and *Maeandropolydora* (Ma), and the second one produced after the cementation of the conglomerates, mainly consisting of *Gastrochaenolites* (Ga).

#### • Les unitats conglomeràtiques

Aquest tipus de dipòsits afloren localment i on es troben millor representats és al SE de la població de Viladamat. En aquesta localitat aflora un paquet de més de 25 m de graves amb estratificació encreuada de gran angle i gran escala. Aquestes graves representen la progradació d'un fan-delta sobre la badia pliocena (Verdaguer *et al.* 1986). Des d'un punt de vista icnològic només es pot assenyalar la presència poc freqüent de traces de bioerosió afectant als còdols. Aquesta pobresa icnològica pot ser deguda al curt temps de residència de les graves en el fons marí com a conseqüència del mecanisme deposicional propi d'un ventall deltaic.

#### 3.3.7. Discussió

##### • La superfície transgressiva bioerosionada

Allà on s'instal·len els materials marins pliocens sobre un substrat pre-pliocè calcari, la transgressió pliocena va quedar enregistrada per la presència d'abundants estructures de bioerosió associades a restes d'organismes incrustants epilítics. Tant l'associació de traces fòssils -constituïda per *Gastrochaenolites*, *Entobia*, cubetes atribuïbles a equínids regulars i menys freqüentment *Maeandropolydora* i *Caulostrepsis*- com el conjunt de restes d'organismes epilítics -ostreïds, pectínids (*Hinnites*) i cirrípedes fonamentalment- posen de manifest el caràcter francament litoral d'aquests paleopenyasegats. Especialment significativa és la presència de les cubetes produïdes per equínids que no han estat reconegudes fins ara en cap altra de les conques pliocenes incloses dins de l'àmbit

d'aquest treball. Estructures actuals produïdes per diferents gèneres d'equínids regulars (*Diadema*, *Paracentrotus*) tant a la Mediterrània com en altres sectors són descrites per Fischer (1981) i Martinell (1981b). Tots aquests autors coincideixen en reconèixer-les en aigües molt poc profundes, entre 0 i 10 m, existint una màxima concentració just per sota del nivell del mar. Això fa que podem utilitzar aquest tipus d'estructures com a bons indicadors de condicions litorals i marcadors de paleoínies de costa. Grans densitats de perforacions de bivalves com les trobades a l'Empordà també són coherents amb aquesta batimetria com han indicat Martinell & Domènech (1995) o Bromley & Asgaard (1993).

El perfil més clar i complet d'aquesta paleoínia de costa es pot observar a la cantera de Viladamat. La zonació aquí reconeixible permet diferenciar de dalt a baix una zona ocupada per equínids regulars, una zona habitada per bivalves endolífics i una zona on es situarien les esponges cliònides (fig 36A). Aquesta zonació posada de manifest per Martinell & Domènech (1995) i que ha estat també reconeguda en altres localitats d'edat diferent (Bromley & D'Alessandro 1990) es dona en uns pocs metres. El fet de l'existència d'aquest perfil clarament dividit és indicatiu d'una estabilitat significativa del nivell eustàtic ja que del contrari la migració de les zones podria haver obliterat (per superposició dels diferents estatges) la zonació. Aquesta estabilitat que permet la preservació de la zonació de les perforacions pot correspondre o bé al màxim transgressiu zancleà a la conca o bé a una aturada significativa de la mateixa. El fet de no haver-se trobat altres traces situades per sobre de l'horitzont de cubetes, suggereix que aquests nivells de perforacions representen el nivell màxim assolit per la transgressió zancleana a l'Alt Empordà.

A Els Olivets són presents també *Gastrochaenolites* i les cubetes d'equínids, però en aquest cas aquestes ocupen un nivell inferior que les perforacions de bivalves. Aquest fet pot tenir dues explicacions. O bé ambdós tipus d'estructures no van ser produïdes contemporàniament, o bé la seva distribució respon a un condicionant diferent de l'estrictament batimètric. Les cubetes a Els Olivets es situen en la zona més horitzontal del paleorelleu mentre que *Gastrochaenolites* ho fa en zones amb major pendent. Això suggereix que la paleopendent del substrat i conseqüentment la tolerància a una certa sedimentació (més important en zones horitzontals) van poder jugar un paper important en la distribució a petita escala d'aquests dos tipus de traces.

### • La seqüència regressiva de Siurana

Tret de les superfícies de paleopenyasegats i dels dipòsits associats, els materials pliocens de la conca de l'Empordà tendeixen a formar seqüències regressives corresponents al rebliment de la conca. La sèrie d'aquest tipus més completa es pot observar a l'àrea del poble de Siurana (cementiri i zones adjacents). Aquesta sèrie comença amb la deposició de les margues blaves. La abundant fauna posa de manifest el caràcter som d'aquesta unitat i les seves característiques tant sedimentològiques com tafonòmiques i icnològiques són indicatives d'unes condicions de deposició tranquil·les. L'absència d'una fàbrica sedimentària original fa pensar que l'activitat bioturbadora va ser-hi present però possiblement no preservada pel caràcter homogeni i originalment semifluid del sediments. Només algunes estructures més profundes produïdes presumiblement per decàpodes (*Thalassinoides*) van poder ser preservades per la introducció de material autòcton dintre dels caus per acció de febles tempestes o altres fenòmens turbulents. Progressivament les influències continentals van esdevenir més importants, manifestant-se primer per la introducció de sorres formant petits nivells i després per la sedimentació dels nivells de gresos que coronen la sèrie del cementiri. Aquests gresos presenten molt poca bioturbació i una fauna significativament litoral (ostreïds, pectínids, *Panopaea*). La regressió culmina amb un augment de la granulometria fins a sorres grolleres i graves que s'organitzen mostrant repetides superfícies erosives i estratificacions encreuades tipus *through* indicant unes condicions de deposició molt energètiques. Les estructures biogèniques presents en aquest tram superior són perforacions en relació als còdols (*Gastrochaenolites*, *Entobia*) típiques de medis litorals.

#### 3.3.8. Breu descripció dels icnofòssils reconeguts (taula IV)

*Caulostrepsis*. Són perforacions en forma de bossa allargada que generalment es troben en conquilles d'ostreïds o còdols.

*Centrichnus eccentricus*. Estructura en forma de llàgrima amb solcs i crestes corresponent a marques d'incrustació de bivalves anomíids.

Cubetes d'equínids (lám. 3A). Perforacions d'entre 4,5 i 9 cm de diàmetre, semicirculars, atribuïbles a l'acció d'equínids regulars.

*Entobia* (lám. 3C). Es tracta de perforacions de dimensions petites constituïdes per cambres i canals produïdes per esponges endolítiques.

Estructures de duròfags. Cicatrius en conquilles de mol·luscs produïdes per l'atac d'organismes depredadors com crustacis o peixos.

*Gastrochaenolites* (lám. 3B). Són perforacions en forma de porra produïdes per bivalves litòfags. S'han reconegut dues icnospècies; *G. torpedo* i *G. lapidicus*.

*Gnaticnus pentax*. Rascades simples agrupades en conjunts radials atribuïdes a l'activitat pasturant d'equínids regulars sobre substrats esquelètics.

*Maeandropolydora*. Galeries desenvolupades en còdols o conquilles, amb morfologia tubular, sinuosa i dues entrades.

*Oichnus*. Es tracta d'orificis amb secció circular produïts per gasteròpodes carnívors en conquilles d'altres organismes. S'han identificat dues icnospècies: *O. simplex*, amb morfologia cilíndrica i *O. paraboloides* amb morfologia troncocònica.

Substrat pre-pliocè	<i>Gastrochaenolites</i> ** Cubetes d'equínids** <i>Entobia</i> * <i>Maeandropolydora</i> <i>Caulostrepsis</i>
Unitat de margues blaves	<i>Thalassinoides</i> isp.** <i>Oichnus simplex</i> * <i>Oichnus paraboloides</i> * Estructures de duròfags
Unitats sorrenques	<i>Skolithos</i> * <i>Entobia</i> <i>Maeandropolydora</i> <i>Caulostrepsis</i> <i>Gnaticnus</i> <i>Podichnus</i> <i>Centrichnus</i>
Unitats conglomeràtiques	<i>Gastrochaenolites</i> <i>Entobia</i>

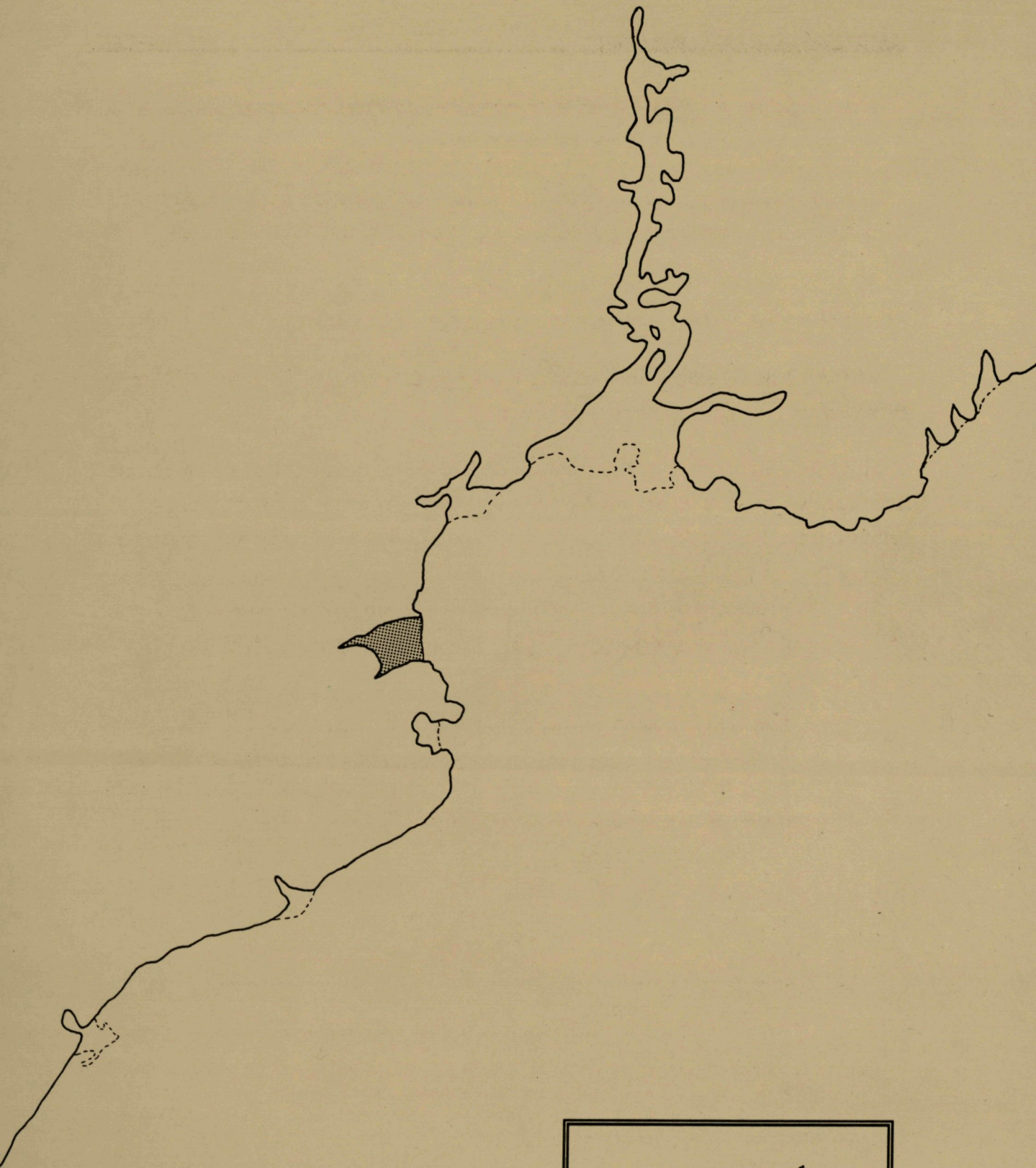
Taula IV. Traces fòssils presents en les diferents unitats marines de l'Alt Empordà. Els asteriscs indiquen la freqüència (dos: abundant, un: comú, zero: present).

Table IV. Trace fossils present in the different marine Pliocene units of the Alt Empordà. The asterisks indicate their frequency (two: abundant, one: common, three: present).

*Podichnus centrifugalis*. Grups de marques ovoidals amb disposició radial sobre conquilles. S'atribueixen a la incrustació de peduncles de braquiòpodes.

*Skolithos linearis*. Es tracta de caus verticals simples amb revestiment fi.

*Thalassinoides* (lám. 3D). Correspon a sistemes multiramificats amb elements tant verticals com horitzontals produïts per crustacis decàpodes. Es caracteritzen per presentar un reompliment bioclàstic.



**3.4. ROSSELLÓ**





### 3.4. EL ROSSELLÓ

#### 3.4.1. Situació geogràfica

La conca del Rosselló (Roussillon) ocupa la meitat nord-oriental del departament dels Pyrénées-Orientales a la regió del Roussillon (SE de França). Es tracta d'un àrea plana per la qual circulen els rius Tech (al Sud) i Têt (al Nord). Es troba limitada al NW pels relleus de les Corbières, al SW pel massís del Canigó (2784 m) i al S pels relleus de l'Albera (les Alberes) (1256 m). Cap a l'Est la conca s'obre a la Mediterrània. En el seu centre es situa la ciutat de Perpinyà. Altres poblacions importants són El Voló (Le Boulou), Elne, Canet, Millas i Rivesaltes (fig. 38).

#### 3.4.2. Antecedents

Els dipòsits pliocens de l'àrea del Rosselló són els que han estat més estudiats en l'àrea de la Mediterrània Nord-occidental. Els rics jaciments de mol.luscs marins ja eren coneguts al segle XVIII i van ser citats per Buffon (1749), encara que no van ser identificats com a pliocens fins gairebé 100 anys més tard (Dufrenoy & Elie de Beaumont 1841). Els primers estudis importants van ser de tipus paleontològic i feien referència tant a la fauna de mol.luscs marins (Fontannes 1879-1882, Déperet 1885) com als vertebrats dels nivells continentals (Déperet 1890).

Després d'aquests inicis els treballs són menys freqüents durant un període important, en què destaquen només els treballs de Bourcart (1945). A partir dels anys 70 es reprèn l'estudi del Pliocè rossellonès impulsat per l'activitat dels paleontòlegs de la Universitat de Montpellier. Els treballs paleontològics s'ocupen de diversos grups taxonòmics tant marins com continentals. Es realitzen estudis palinològics (Suc 1976, 1980, 1982, Cravatte *et al.* 1984), del nanoplàncton (Cravatte *et al.* 1984, Matias 1990), dels foraminífers (Magné 1978, Cravatte *et al.* 1984, Clauzon & Cravatte 1985), malacològics (Martinell & Domènech 1984b, 1987-88, 1990b, Gili 1991) i nombrosos treballs sobre la fauna de vertebrats continentals (Baudelot & Crouzel 1974, Michaux 1976, Aguilar 1980, Aguilar & Magné 1978, Clauzon *et al.* 1982, Aguilar & Michaux 1977, 1984, 1987, Aguilar *et al.* 1986 a, b, Clauzon *et al.* 1989). Tot aquest conjunt d'estudis han permès obtenir interessants conclusions biocronològiques, paleoecològiques i paleoclimàtiques que són recollides per Clauzon *et al.* (1987b) i Martinell (1995). Pel que fa a l'evolució geodinàmica i el rebliment sedimentari de la conca, cal destacar els treballs duts a terme per Clauzon i altres autors (Clauzon *et al.* 1987a, b, 1989, 1990, Clauzon 1990).

**3.4.3. Situació geològica**

La conca del Rosselló correspon a una fossa tectònica inclosa dintre de l'edifici orogènic dels Pirineus (fig. 38). Aquesta fossa queda limitada per la falla de la Têt al Nord i la falla del Tech al Sud. La falla de la Têt té continuació més cap a l'Oest en les fosses del Conflent i la Cerdanya. Aquesta falla separa el Rosselló dels massissos de l'Agly i les Corbières, corresponents ambdós a la zona sudpirinenca i constituïts per materials paleozoics i per carbonats mesozoics respectivament. La falla del Tech, per altre banda, constitueix el limit Nord dels massissos paleozoics del Canigó i L'Albera que formen part de la Zona axial pirinenca.

L'estructuració de la fossa és fonamentalment miocena i els materials miocens, continentals i marins, encara que afloren poc, són presents en el subsòl. Els materials pliocens també continentals i marins es superposen a una discontinuïtat erosiva que correspon a la regressió messiniana. Aquests dipòsits superen els límits de la fosa miocena, de manera que la conca pliocena, en contrast amb la miocena, no té un origen tectònic sinó eustàtic.

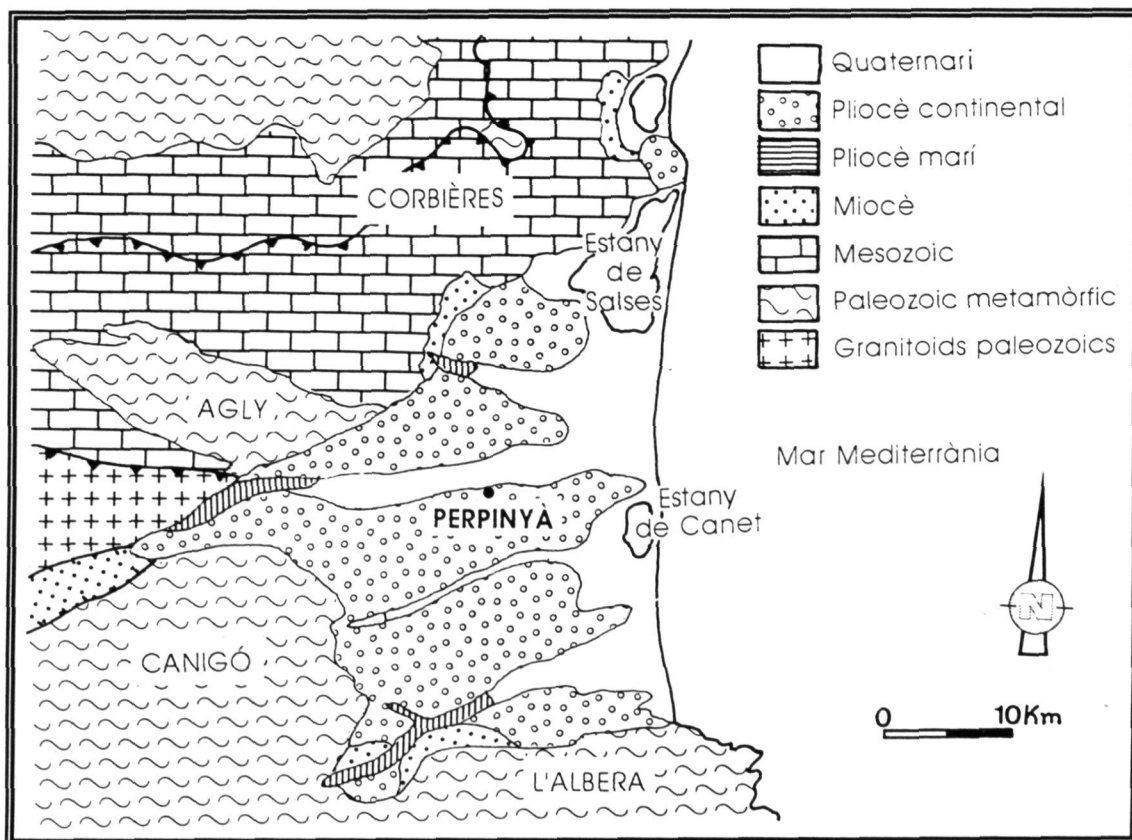


Figura 38. Mapa geològic del Rosselló, modificat de Clauzon et al. (1987b).  
 Figure 38. Geological map of the Rosselló, modified from Clauzon et al. (1987b).



#### 3.4.4. Afloraments

Els afloraments del Pliocè marí es troben reduïts a les parts més internes de la conca a les valls dels rius Têt i Tech, i dels torrents de l'Agly i la Canterrane (Clauzon *et al.* 1987b) (fig. 38). Martinell & Domènech (1984b, 1990b) citen diverses localitats en aquests sectors que han subministrat una important malacofauna (Nidolères, Trouillas, Bente Farine, Champ de la Rivière, Saint-Martin, Millas). El Pliocè continental, en canvi, presenta una extensió molt més important amb diversos jaciments de vertebrats (Serrat d'en Vacquer, Villeneuve de la Raho, Terrats i Vivès, Clauzon *et al.* 1987a).

A més dels afloraments, el Pliocè també és conegut en diversos sondatges, el més important dels quals és el de Canet 1 (Cravatte *et al.* 1984).

#### 3.4.5. Estratigrafia i paleogeografia

Malgrat el gran número de treballs que s'han dut a terme en els dipòsits pliocens del Rosselló, no s'ha realitzat cap estudi de detall de tipus sedimentològic ni s'han descrit formalment unitats estratigràfiques. Només Clauzon (1990) i Clauzon *et al.* (1987a, b, 1989, 1990) han realitzat una aproximació a l'estratigrafia del Pliocè rossellonès.

Els materials pliocens s'instal·len sobre la discontinuïtat erosiva messiniana. Aquesta afecta materials paleozoics a la vall de la Têt i miocens a la vall del Tech i també a les zones més externes de la conca com testimonien els sondatges Canet 1 i Elne 1 (Clauzon *et al.* 1990).

El Pliocè rossellonès constitueix una sèrie regressiva que inclou materials marins, transicionals i continentals (fig. 39).

Les unitats marines constitueixen la base de la sèrie pliocena i afloren bé a les valls del Tech i la Têt. Estan constituïdes per margues blaves generalment sorrenques que contenen una abundantíssima malacofauna estudiada per Martinell & Domènech (1984b, 1987-88, 1990b). La potència no supera els 20 m en aflorament però en el subsòl en el sondatge Canet-1, situat a la part més distal de la conca, aquesta unitat pot arribar a superar els 600 m.

Les unitats transicionals assoleixen uns 40 m de potència a Nefiach a la vall del Têt. Estan constituïdes per sorres arcòsiques i conglomerats caracteritzats per presentar una forta pendent deposicional (20-25°) (làm. 3E). Segons Clauzon (1990) es tracta dels *foreset beds* d'un delta tipus Gilbert.

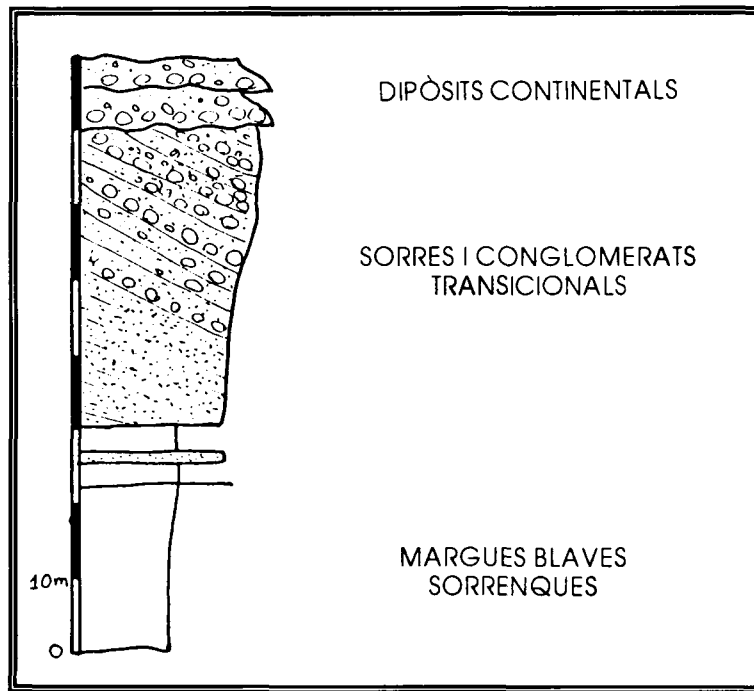


Figura 39. Columna sintètica del Pliocè del Rosselló.  
 Figure 39. Synthetic section of the Pliocene of the Rosselló.

El Pliocè continental es troba força extès per tota la conca i representa el reompliment final de la mateixa. Es troba constituït per dipòsits de ventalls i plana al·luvials. Es coneixen moltes localitats que han proporcionat abundants faunes de vertebrats, especialment de mamífers.

L'edat dels materials marins ha pogut ser establerta tant pel materials marins com pels continentals. Pel què fa als dipòsits marins, aquests han pogut ser datats com pertanyents al Zancleà inferior (Pliocè inferior) (Cravatte *et al.* 1984, Matias 1990), mentre que els jaciments continentals que han subministrat microfauna de rosegadors també corresponen al Pliocè inferior (Clauzon *et al.* 1989). Això indica que la totalitat de la sèrie pliocena del Rosselló pertany al Zancleà (Clauzon *et al.* 1989). Els jaciments continentals presenten però, la peculiaritat de ser més moderns cap a l'Est reflexant el caràcter progradant del reompliment de la conca.

La paleogeografia de la conca del Rosselló durant el Pliocè (fig. 40) és resultat de la suma de dues ries adjacents, la de la Têt i la del Tech, excavades ambdues durant el Messinià. Això va donar a la conca una configuració de golf obert per l'Est a la Mediterrània i limitat a Sud i a Nord pels relleus del Pirineu axial i les Corbières, respectivament. Aquest paleogolf va ser progresivament reomplert pels aports d'origen continental durant el transcurs del Pliocè inferior.

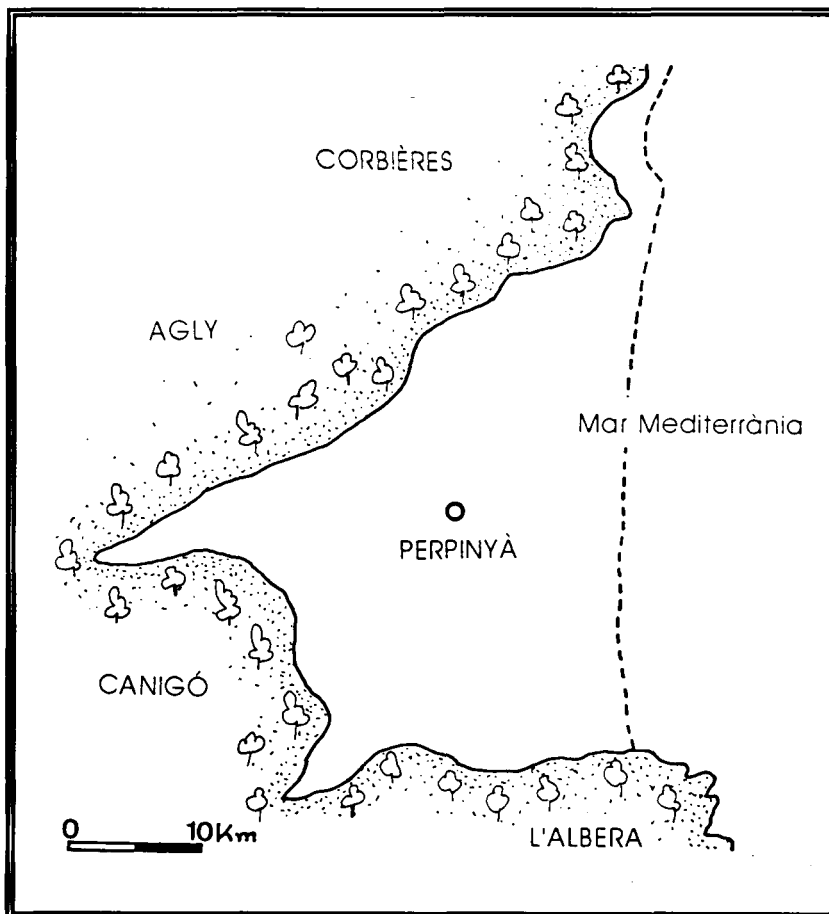


Figura 40. Esquema paleogeogràfic del Rosselló durant el Pliocè inferior. La línia discontinua indica l'actual posició de la costa.

Figure 40. Paleogeographical map of the Rosselló during the Early Pliocene. The discontinuous line indicates the present-day position of the shoreline.

### 3.4.6. Icnologia i sedimentologia

#### • La unitat de margues blaves sorrenques

Aquesta unitat és la única que inclou evidències paleoicnològiques. Aflora bé a les valls del Tech i de la Têt, però els punts més propicis per l'estudi icnològic es situen a la vall de la Valmagna, a prop de Le Boulou. La unitat està constituïda per argiles gris-blavoses en general bastant sorrenques i que en alguns casos poden incloure intercalacions arenoses importants (alguns decímetres), especialment cap a la part superior.

Aquests materials inclouen una malacofauna diversa i molt abundant. Martinell & Doménech (1984, 1987-88, 1990) donen llistes de la fauna procedent de diferents jaciments i analitzen les seves característiques tafonòmiques i paleoecològiques. Per a aquests autors els mol·luscs indiquen un medi de deposició som en cap cas més profund d'uns 25 m.

En secció vertical la fàbrica mostra un important contingut en sorra dispersa per la roca i rarament són observables evidències de l'estructura sedimentària. La bioturbació és evident i molt intensa (B.I. 5-6, *sensu* Taylor & Goldring 1993) però en general difícilment reconeixible. A la zona de Le Boulou, l'existència d'alguns blocs despresos i meteoritzats han permès un estudi més detallat. L'icnofàbrica és complexa i inclou *Teichichnus* (localment molt abundant) (lãm. 3 H), *Thalassinoides*, *Laminites*, i molt abundants *Planolites montanus* (fig. 41, lãm. 3 F, GO). Aquest últim icnotaxó és el més abundant que caracteritza l'icnofàbrica i en molts casos es presenta com a concentracions que segueixen el traçat d'estructures preexistents. La gran intensitat de bioturbació indica la total obliteració de la fàbrica sedimentària original que a jutjar per la granulometria mixta del sediment podria haver estat una alternança d'argiles i sorres.

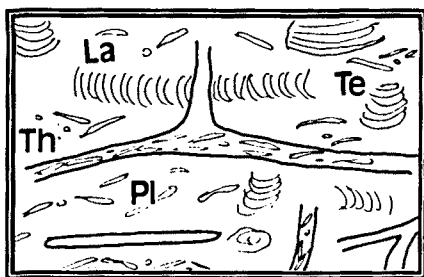


Figura 41. Icnofàbrica de les margues blaves sorrenques a la Valmagna amb domini de *Planolites* (Pl) i amb *Thalassinoides* (Th), *Teichichnus* (Te), *Laminites* (La).

Figure 41. Ichnofabric of the sandy blue clays dominated by *Planolites* (Pl), with *Thalassinoides* (Th), *Teichichnus* (Te) and *Laminites* (La).

Les margues contenen freqüents restes de fusta fòssil que poden mostrar perforacions. En alguns cas la fusta ha desaparegut i han quedat preservats els motllos de les perforacions que han pogut ser identificades com a *Teredolites*.

Intercalats entre les margues apareixen alguns nivells de sorres d'alguns decimetres de potència. Aquests nivells en alguns cas poden presentar motejat però sense estructures de bioturbació definides, encara que generalment en la part superior de la unitat contenen *Ophiomorpha* com a únic icnotaxó en un encaixant sense estructures sedimentàries ni motejat aparent.

Les característiques sedimentàries, icnològiques i faunístiques d'aquesta unitat suggereixen un medi deposicional litoral-sublitoral, som, tranquil amb alguns aports sorrenco en general poc importants i destruïts per la bioturbació (icnofàbrica dominada per *Planolites*), però en alguns casos prou importants com per donar lloc a substrats capaços d'allotjar una fauna característica (icnofàbrica d'*Ophiomorpha*).

### 3.4.7. Discussió

#### • Icnofàbrica i bioturbació en les margues blaves sorrenques

L'icnofàbrica de les margues blaves sorrenques presenta diverses estructures que poden ser considerades com corresponents a nivells de bioturbació mitjanament profunds (*deep tier-mid tier*) com *Thalassinoides*, *Teichichnus* i *Laminites*. *Planolites* que és l'icnotaxó més important en aquesta icnofàbrica és, en principi, una traça produïda a prop de la superfície (*shallow tier*) (Frey & Goldring 1992), però pot aparèixer en nivells més profunds accedint per rutes preferencials corresponents a caus reomplerts tipus *Thalassinoides*. Aquest fenòmen de rebioturbació de reompliments d'estructures preexistents és comú al registre fòssil i en molts casos es manifesta en relació a caus atribuïbles a decàpodes (Bromley & Frey 1974). Aquest fet ve condicionat per les diferències entre el reompliment i el sediment encaixant. El primer és generalment més ric en matèria orgànica que determinats organismes detritívors poden aprofitar.

L'elevada tasa de bioturbació (B.I. 5-6) indica una total removilització del sediment produint la destrucció dels petits nivells arenosos que es depositaven i integrant les sorres com a fracció dispersa dins la fàbrica. L'entrada de sorres, encara que existent, no va ser, en general, prou important per acumular gruixos capaços d'eliminar temporalment la endofauna, ja que en aquest cas aquests nivells sorrencs haguessin estat preservats.

Malgrat l'elevada tasa de bioturbació, l'icnodiversitat és més aviat moderada o baixa, i no són presents traces amb una complexitat estructural important. Això suggereix unes condicions de deposició somes, sublitorals amb sedimentació fonamentalment argilosa i només aports esporàdics i poc importants de sorres.

#### • L'icnofàbrica dels nivells de sorres

Els nivells de sorres superiors de la sèrie de la Valmagna inclouen una icnofàbrica exclusivament amb *Ophiomorpha*. Aquest icnotaxó apareix aïlladament dintre d'una fàbrica que no presenta altres estructures ni biogèniques ni físiques. L'absència d'estructures sedimentàries no pot ser atribuïda clarament a l'acció bioturbadora ja que tampoc s'observa cap mena de motejat o estructura similar (alguns nivells més inferiors sense *Ophiomorpha* si mostren motejat), i podia haver estat perduda per fenòmens exclusivament físics. Aquesta absència d'estructures a l'encaixant no permet comparar aquesta icnofàbrica amb les proposades per Pollard *et al.* (1993) per icnofàbriques amb *Ophiomorpha*, però la seva presència ja suggereix un medi deposicional força litoral.

Aquests nivells representen aports grullers prou importants com per eliminar la fauna endobentònica habitual (que donaria lloc a l'icnofàbrica de les margues blaves) i afavorir la instal·lació d'una fauna característica més compatible amb el nou substrat.

- **La batimetria**

El valor de la profunditat a què es van depositar les margues blaves aflorants al Rosselló ha estat motiu d'una certa polèmica entre Clauzon (1990) i Martinell & Domènech (1984b, 1987-88, 1990b). Aquesta polèmica ha estat inclús discutida en alguns treballs publicats conjuntament per aquests autors (Clauzon *et al.* 1987b, 1990). Les divergències provenen de la utilització de criteris molt diferents i amb conclusions discrepants.

Clauzon (1990) proposa una batimetria mínima de 60 m, a partir de l'anàlisi geomètrica de les unitats sedimentàries considerant aquestes com a part integrant d'un delta tipus Gilbert format en un context en el que la subsidència i l'activitat tectònica eren despreciables. Aquest autor identifica els tres membres de la trilogia gilbertiana: els *topset beds* horitzontals continentals, els *foreset beds* fortament inclinats depositats sota l'aigua i els *bottomset beds* horitzontals i clarament marins. Per aquest autor la discontinuïtat existent entre els *topset beds* i els *foreset beds* representa el nivell 0 del mar pliocè i a partir d'aquí per criteris geomètrics valora la profunditat de les margues blaves en un mínim de 60 metres.

Martinell & Domènech (1984b, 1987-88, 1990b) estableixen les seves consideracions batimètriques a partir de l'estudi de la malacofauna. Per aquests autors la composició taxonòmica de les associacions de mol·luscs juntament amb les seves característiques tafonòmiques indiquen una batimetria no superior a uns 25 m.

A partir de les dades icnològiques i sedimentològiques no es pot quantificar amb seguretat la batimetria dels dipòsits. Malgrat això, les característiques de l'icnofàbrica -tasa de bioturbació elevada, icnodiversitat moderada, important contingut en sorres, presència de nivells sorrencs amb *Ophiomorpha*- semblen indicar un medi de transició sublitoral-litoral (*offshore-shoreface*) que en una conca com el Rosselló relativament tancada i protegida podria situar-se més aviat en una batimetria com la suggerida per Martinell & Domènech (*op. cit.*).

### 3.4.8. Breu descripció dels icnotaxons reconeguts (taula V)

Estructures de duròfags. Aquestes estructures corresponen a cicatrius generalment afectant a conquilles de mol.luscs interpretables com a resultat de l'atac de depredadors.

*Gnaticnus pentax*. Conjunts de rascades en forma d'estrella atribuïdes a l'activitat raspadora d'equínids regulars sobre conquilles.

*Laminites* (làm. 3G). Són estructures d'uns 5-6 cm. de diàmetre amb rebliment meniscat i en alguns casos aparentment bilobulat.

*Oichnus*. Es tracta d'orificis en conquilles de mol.luscs atribuïbles a l'acció de gasteròpodes depredadors.

*Ophiomorpha nodosa*. Son caus generalment verticals de diàmetre entre 1 i 2 cm amb revestiment gruixut però poc marcadament mamelonat.

*Planolites montanus* (làm. 3 F, G). Es tracta de pistes vermiformes de diàmetre petit (2-3 mm) bastant rectilínies i no ramificades. Sovint apareix rebioturbant reompliments d'altres estructures.

*Teichichnus rectus* (làm. 3H). Caus amb envans verticals que en alguns casos poden ser molt abundants.

*Teredolites*. Aquest icnogènere correspon a perforacions cil.líndriques de bivalves desenvolupades en substrats llenyosos (fusta).

*Thalassinoides* (làm. 3G). Correspon a caus ramificats sovint contenint *Planolites*.

Margues blaves sorrentques	<i>Thalassinoides</i> * <i>Laminites</i> * <i>Planolites</i> ** <i>Teichichnus</i> ** <i>Teredolites</i> <i>Oichnus</i> Estructures de duròfags
Nivells sorrencs	<i>Ophiomorpha</i> *

Taula V. Traces fòssil presents en els diferents materials marins del Pliocè del Rosselló. Els asteriscs indiquen la freqüència (dos: abundant, un: comú, zero: present).

Table V. Trace fossils present in the different marine sediments of the Pliocene of the Rosselló. The asterisks indicate their frequency (two: abundant, one: common, zero: present).

