



Departament de Geologia dinàmica, Geofísica i Paleontologia
UNIVERSITAT DE BARCELONA

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

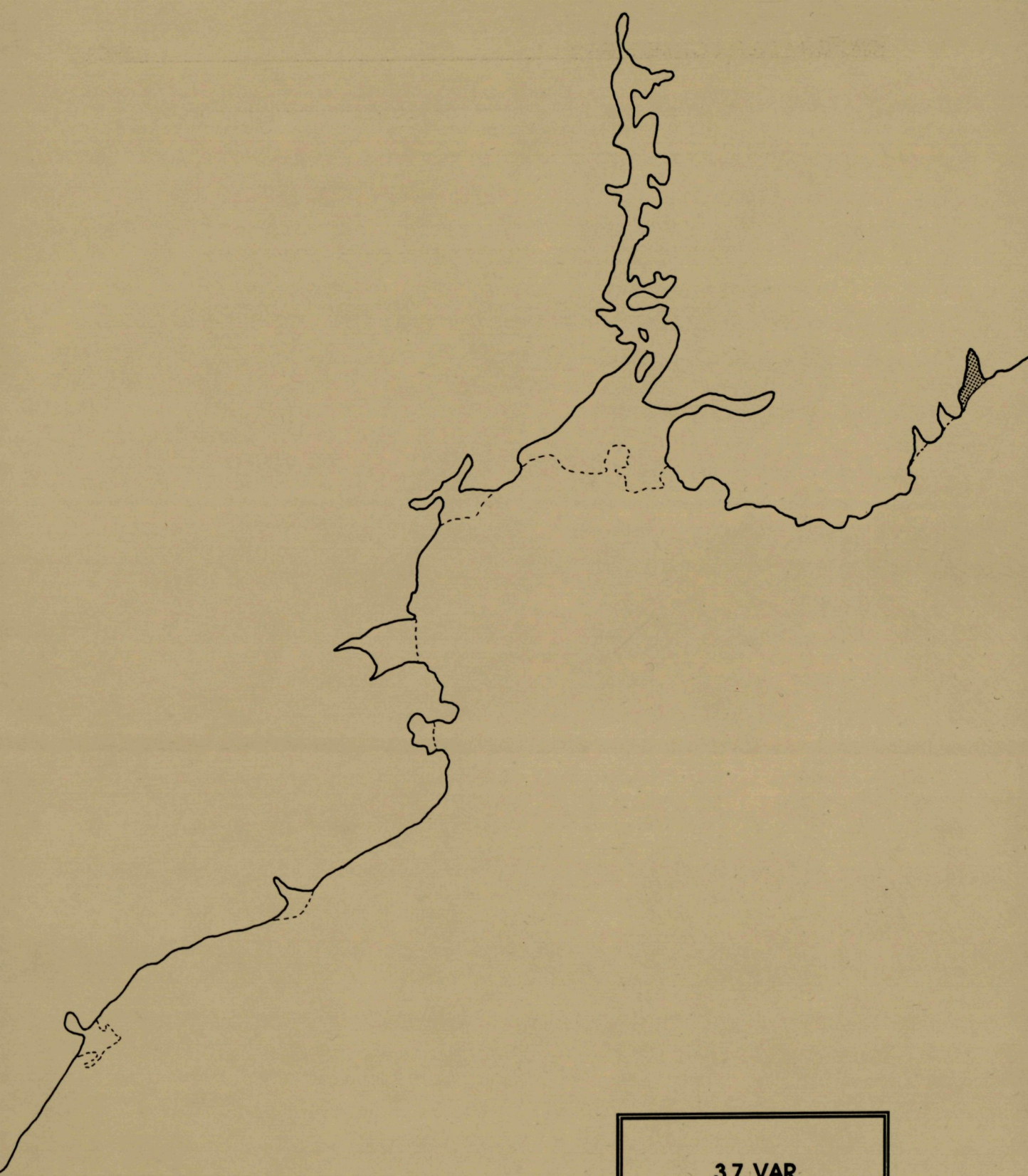
Memòria realitzada per JORDI MARIA DE GIBERT ATIENZA al
Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia de la
Universitat de Barcelona sota la direcció del Dr. Jordi Martinell Callicó
per optar al grau de Doctor en Geologia.

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.



3.7. VAR

3.7. EL VAR

3.7.1. Situació geogràfica

La conca del Var es troba al llarg de la vall baixa del Riu Var dintre del departament dels Alpes-Maritimes a la regió de Provence-Alpes-Côte d'Azur al Sud-est de França. La conca és de forma triangular amb vèrtex a les ciutats de Nice, Cagnes-sur-Mer i al poble de Saint Martin du Var (fig. 51). Es troba oberta a la mar Mediterrània cap al Sud-est, mentre que cap al Nord s'aixequen els relleus corresponents als Alps que sovint superen els 1500 m. La conca s'extén prop d'uns 20 Km en direcció N-S.

3.7.2. Antecedents

Fa més d'un segle, al 1873, A. de Chambrun de Rosemont utilitza per primer cop el terme "delta del Var" per referir-se als materials que reomplen la vall d'aquest riu, els quals considera d'edat plioceno-quaternària. En els anys següents, es publiquen diversos treballs paleontològics i estratigràfics sobre aquests dipòsits que confirmen la seva edat pliocena (Depointaller 1877, Tournouer 1877, Déperet & Caziot 1903). Bourcart & Ottmann (1954) publiquen una síntesi estratigràfica que posa al dia les dades disponibles. No és fins als treballs d'Irr (1975, 1984) que no s'inicia un estudi més modern del delta del Var. Aquest autor realitza un complet estudi estratigràfic, sedimentològic i micropaleontològic que li permet establir el dispositiu sedimentari i la història deposicional de la Conca del Var. Clauzon (1978) realitza algunes consideracions paleogeogràfiques per a la Conca del Var en relació amb la crisi messiniana. Altres treballs han estat duts a terme pel que fa a estudis paleontològics, especialment de la fauna de mol.luscs (Risterucci 1972, Cataliotti-Valdina 1975, 1982, Martinell & Domènech 1986b, Gili 1991) i també de la ictiofauna (Nolf & Cappeta 1988) i la palinologia (Zheng & Cravatte 1986).

3.7.3. Situació geològica

La conca del Var es troba limitada a l'Oest pel substrat autòcton provençal encavalcat al Nord per l'Arc de Castellane pertanyent a l'edifici orogènic alpí. Per l'Est queda limitada pels relleus, també alpins, de l'Arc de Nice (Clauzon *et al.* 1990) (fig. 51).

El substrat provençal està compost per una important sèrie de carbonats mesozoics coronats per una formació detrítica miocena que aflora principalment al sinclinal de Vence formant una franja al Sur de l'encavalcament de la Castellane.

Més al Sud la sèrie mesozoica es troba per sobre del sòcol format per roques ígnies (Massissos de Le Tanneron i Les Maures) i d'una important formació continental (detrítica i volcànica) d'edat permiana (Massís de L'Esterel).

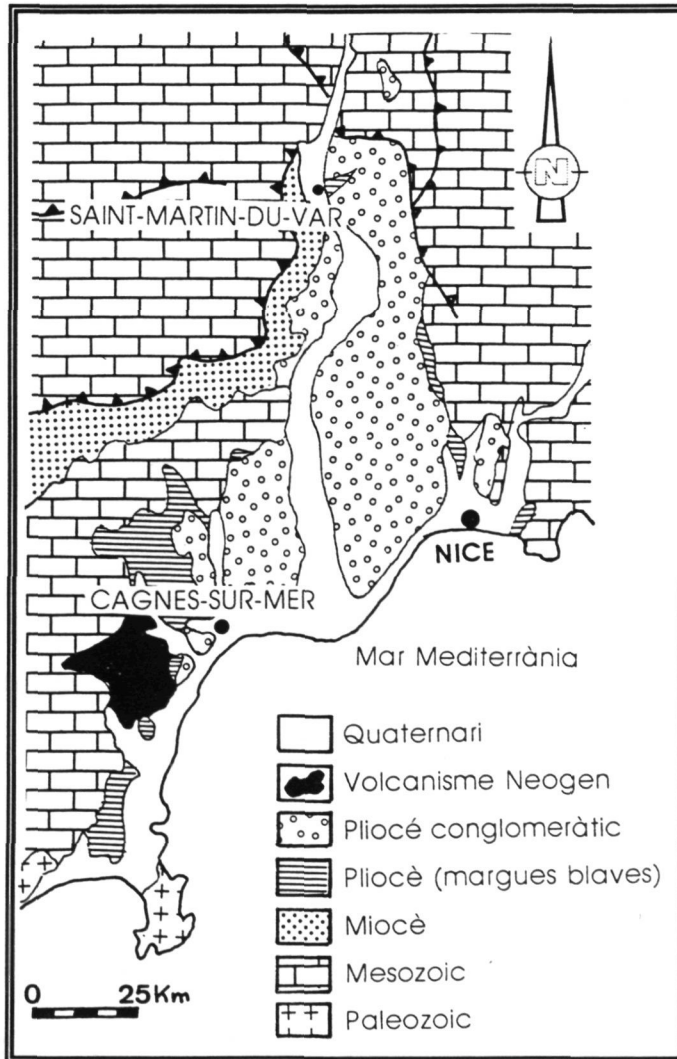


Figura 51. Mapa geològic de la vall del Var, modificat d'Irr (1984).
 Figure 51. Geological map of the Var valley, modified from Irr (1984).

Els Arcs de Nice i de la Castellane formen part del conjunt de Cadenes Subalpines de l'Haute Provence, dins de la Zona Alpina Externa. Aquestes dues unitats estan constituïdes per una potent sèrie mesozoica majoritàriament carbonatada (1000-1500 m) que inclou des del Lias fins al Cretàcic superior. Els carbonats del Portlandià coneguts com "Calcàries blanques de Provence" constitueixen gran part dels relleus més importants de la zona. En alguns sectors, la sèrie mesozoica es troba coberta coberta per materials paleògens (gres d'Ammot). Els Arcs de Nice i Castellane inclouen una zona externa més meridional constituïda per plecs fracturats i escates encavalcants desenganxades a nivell del Keuper d'orientació predominant E-W i

una zona interna al Nord formada per cubetes sinclinals reblertes per materials del Cretaci superior i Paleogen.

Els materials que constitueixen la Conca del Var es disposen sobre una discontinuïtat erosiva corresponent a l'excavació de la vall de l'antic Var durant la crisi messiniana. Al sector occidental de la vall la Bretxa de Carros (d'edat presumiblement també messiniana) marca el límit d'aquesta discontinuïtat, i en algun cas fins i tot fossilitza l'encavalcament basal de l'Arc de Castellane (Clauzon 1978). Per sobre, els materials pliocens reomplen la conca mostrant dos conjunts litostratigràfics principals: conglomerats i margues. En el sector nord-oriental els materials pliocens es veuen afectats per encavalcaments i part d'ells es troben integrats dintre de l'Arc de Nice.

3.7.4. Estratigrafia i paleogeografia

L'estratigrafia general del Pliocè de la vall del Var ja és coneguda des de Tornouer (1877). Irr (1984) publica un complet estudi on s'estableixen clarament les diferents formacions neògenes superiors de la zona, encara que no dona noms formals per a les unitats pliocenes. Podem diferenciar tres unitats pel Messinià i Pliocè:

- Bretxa de Carros. Aquesta unitat és estrictament continental i es troba constituïda per bretxes monogèniques i heteromètriques. Aflora al marge occidental de la conca (Clauzon 1978, Clauzon *et al.* 1990). Es tracta de materials procedents dels carbonats mesozoics de l'arc de Castellane i estan considerats com d'edat messiniana (Miocè superior).
- Unitat de margues blaves (*les marnes "plaisanciennes"* d'Irr 1984). Es tracta d'una unitat força homogènia constituïda per margues gris-blavoses amb un important continuïtat paleontològic, especialment mol.luscs (Risterucci 1972, Cataliotti-Valdina 1975, 1982, Martinell & Domènech 1986b, Nolf & Cappeta 1988). Assoleix una potència màxima coneguda de 80 m a St. Martin du Var. Allà on les margues es posen en contacte amb el substrat pre-pliocè, en alguns casos es reconeixible una superfície perforada i amb organismes incrustants.
- Unitat conglomeràtica (*les poudingues* d'Irr 1984). Es tracta d'una unitat de fins a 300-500 m amb una gran extensió geogràfica, constituïda per conglomerats i algunes intercalacions més fines. Els estrats acostumen a presentar un important pendent cap al Sud. Es tracta de conglomerats quasi exclusivament marins. Aquesta unitat es col·loca per sobre de les margues blaves i el contacte entre ambdues és en alguns

casos bruscs i net però en d'altres presenta freqüents intercalacions com en el cas de la cantera de Sant Isidore.

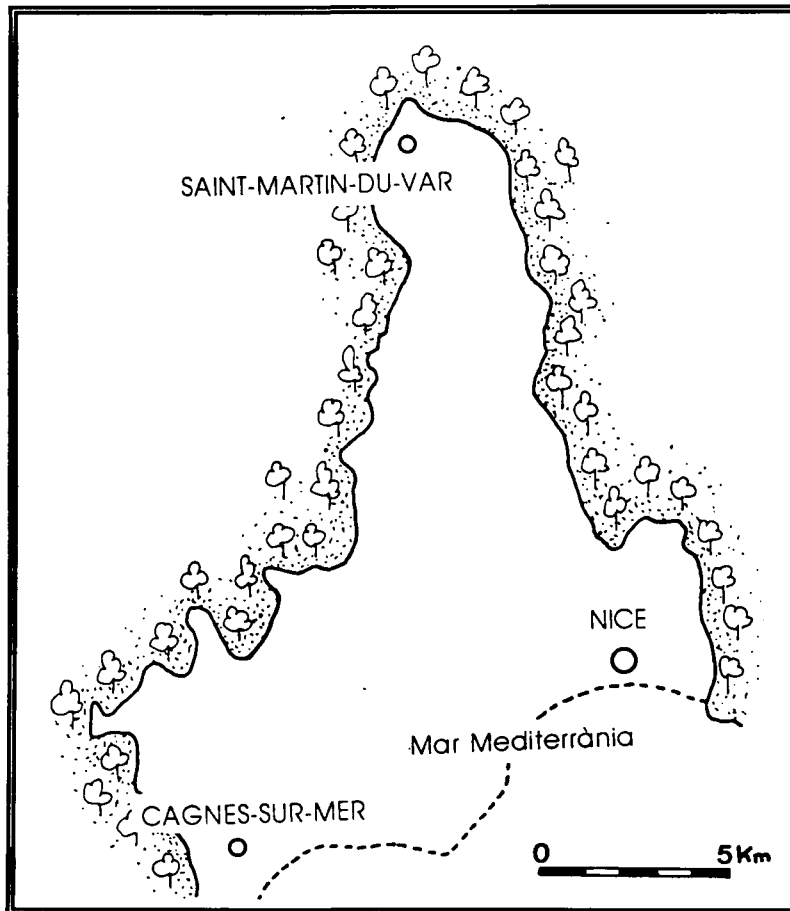


Figura 52. Esquema paleogeogràfic de la Conca del Var durant el Pliocè. La línia discontinua correspon a l'actual posició de la línia de costa.

Figure 52. Paleogeographical map of the Var Basin in the Pliocene. The discontinuous line indicates the present-day position of the shoreline

La paleogeografia de la vall del Var durant el Pliocè ha estat descrita per Clauzon (1978), Irr (1984) i per Clauzon *et al.* (1990). Es tractaria d'una ría triangular oberta a la Mediterrània on el mar hauria arribat fins uns quilòmetres al Nord de l'actual població de Saint Martin du Var (fig. 52). Aquesta ría es trobava rodejada per alts relleus que subministraven gran quantitat de detrítics molt grullers. El rebliment de la conca va tenir lloc progressivament de Nord a Sud per la progradació d'aquests dipòsits conglomeràtics, mentre que en les zones més profundes i protegides tenia lloc la sedimentació de les margues blaves (Irr 1984).

3.7.5. Afloraments

La major part dels afloraments a l'àrea del Var corresponen als conglomerats. Aquests formen suaus turons al llarg de la vall. Malgrat això els bons afloraments són

en general reduïts a talls de carretera. Els afloraments de margues són més escasos i únicament es troben en pedreres o talls de carreteres. La seva riquesa paleontològica fa que siguin prou ben coneguts. Els més importants són (de Nord a Sud) Saint Martin du Var, Saint Isidore, Vence i Costamagna. El tall més complet i amb més bon estat actualment és troba a la cantera de St. Isidore, al sector Nord de la ciutat de Nice. En aquesta localitat s'ha desenvolupat la major part del treball.

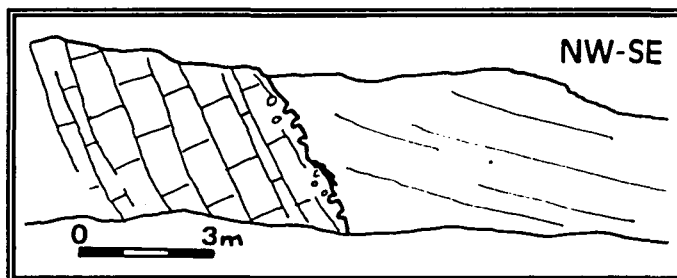


Figura 53. Contacte perforat i incrustat entre les calcàries juràssiques (esquerra) i el Pliocè marí (dreta) aprop de la localitat de Vence.

Figure 53. Bored and encrusted surface developed in the boundary between the Jurassic limestones (left) and the marine Pliocene (right) near the town of Vence.

3.7.6. Icnologia i sedimentologia

• El contacte amb el substrat pre-pliocè

Irr (1984) assenyala la presència d'evidències paleontològiques (estructures bioerosives i organismes incrustants) sobre els materials pre-pliocens, fonamentalment calcàries juràssiques, en diverses localitats on aquells es troben en contacte amb els materials marins pliocens. En aquest treball s'ha pogut estudiar aquesta discontinuitat a la carretera D 236 prop de la localitat de Vence on les margues pliocenes fossilitzen les calcàries plegades del Juràssic (fig. 53). S'han pogut reconèixer diverses estructures bioerosives. Les més abundants són perforacions de bivalves corresponents a l'icnoespècie *Gastrochaenolites lapidicus* que hi són en densitats de fins 80-100 ind/m². A més altres perforacions com *Maeandropolydora* i *Trypanites* hi són també presents. Els organismes incrustants són el pectínid *Hinnites* i ostreïds. Aquest tipus d'associació és típica de medis litorals (Martinell & Domènech 1995).

• Les margues blaves i els conglomerats a Saint Isidore

Irr (1984) fa un estudi molt complet dels mecanismes de sedimentació i del tipus de dispositiu sedimentari que va dur al rebliment de la conca. Aquest autor posa de manifest la peculiaritat d'aquest dispositiu sedimentari que no és pròpiament ni un delta (pel fet de ser completament marí i constituït exclusivament de materials

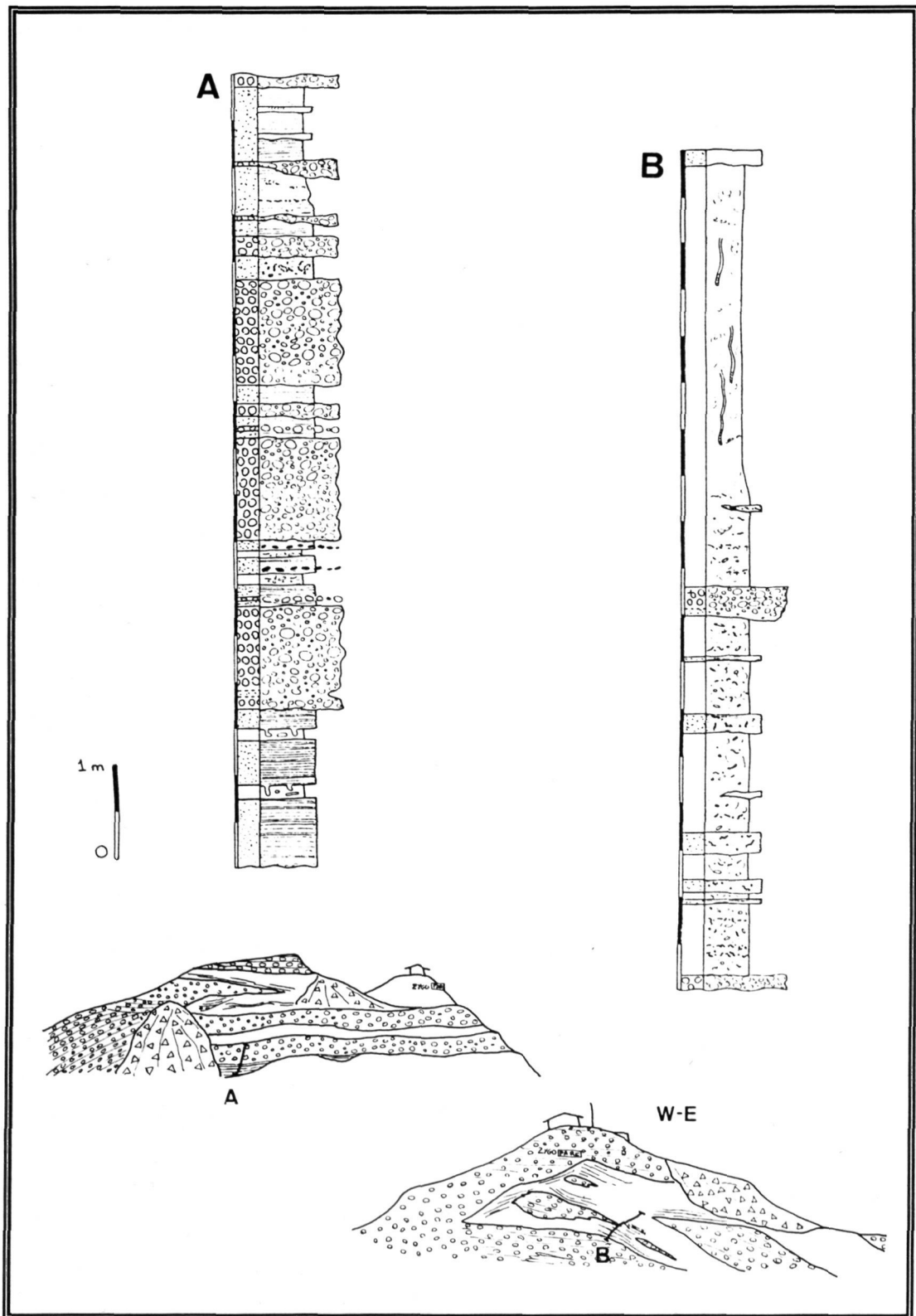


Figura 54. Aspecte dels talls de la cantera i el parc d'atraccions a Saint Isidore (Nice) i dos perfils estratigràfics representatius de les fàcies presents.

Figure 54. Sections of the quarry and the fairground in Saint Isidore (Nice) with two representative stratigraphic logs.

grullers), ni un fan delta (doncs és completament subaquàtic), ni tampoc un ventall submarí profund (ja que aquests es situen entre el talús continental i la plana abisal), i el considera un ventall deposicional semi-profund (*cone d'epandage semi-profond*). Per Clauzon *et al.* (1990) i Clauzon & Rubino (1992) aquest tipus de rebliment correspon a un Gilbert delta. En tot cas, els mecanismes deposicionals van ser ben establerts per Irr (1984). Els conglomerats van ser depositats en un ventall submarí alimentat directament des dels alts relleus circumdants. Els materials foren dipositats per fluxos densos provinents directament dels torrents o esllavissats a partir de dipòsits ja instal·lats però inestables. Les cicatrius eren posteriorment reomplertes o bé per nous aportats grullers o bé per sedimentació pelítica de talús. A la part més proximal el mecanisme fonamental era la simple acumulació de capes amb un pendent important a la part frontal (St Martin du Var, p. e.), mentre que més al Sud els fenòmens de desprendiments i inestabilitat foren més importants contribuint a una major complexitat (com a St. Isidore). La sedimentació més enllà d'aquest ventall o en els moments de menor activitat o en zones protegides, tenia lloc fonamentalment per decantació donant lloc a les margues blaves.

En aquest estudi s'ha treballat especialment l'aflorament de Saint Isidore, degut a la seva bona qualitat, a la seva gran extensió i al seu interès icnològic. Altres afloraments es troben força més degradats i no permeten un estudi d'aquestes característiques. Aquest aflorament es troba al Nord de la ciutat de Nice a la zona coneguda com Saint Isidore. Es situa al costat de l'autopista A-8, a la riba esquerra del riu Var. Va ser citat per primer cop per Martinell & Domènech (1986b) que van estudiar el seu contingut malacològic. Comprén dues àrees principals, una gran cantera a l'W i els talusos d'un parc d'atraccions, avui en dia tancat, conegut com a Zygo Park. L'extensió de l'aflorament és molt important i hi són presents les dues formacions informalment descrites per Irr (1984), les margues blaves i els conglomerats, que es presenten repetidament intercalades (fig. 54). Al sostre de la sèrie, aquesta esdevé totalment conglomeràtica i prograda cap al Sud com es pot observar al talús de l'autopista. Podem distingir tres tipus de fàcies o associacions de fàcies diferents: les margues blaves, els llims sorrencs i els conglomerats amb sorres (lám. 5A).

- Margues blaves

Es tracta d'una fàcies constituïda exclusivament per margues gris blavoses massives. Contenen una abundant fauna, fonamentalment malacofauna, que ha estat estudiada per Martinell & Domènech (1986b). Aquests autors descriuen 47 espècies de gasteròpodes, 24 de bivalves i 2 d'escafòpodes. Els gèneres més

abundants són *Nassarius*, *Turricula*, *Aporrhais*, *Lunatia*, *Natica*, *Charonia*, *Clavus* i *Turris* entre els gasteròpodes i *Anadara*, *Yoldia*, *Nuculana* i *Glycymeris* entre els bivalves. Evidències de depredació en forma de traumatismes reparats i perforacions tipus *Oichnus paraboloides* són freqüents sobre les conquilles dels mol.luscs. Els conjunt de la fauna pot indicar condicions d'una certa profunditat (Martinell & Domènech, com. pers.). La fàbrica de les margues es presenta quasi totalment bioturbada (índex de bioturbació 4-5 *sensu* Taylor & Goldring 1993). Encara que la litologia no és gaire favorable per a l'observació de les icnofàbriques es poden reconèixer i identificar diversos tipus de traces fòssils (fig. 55). Les estructures amb envans (*spreiten*) constitueixen quasi totalment la icnofàbrica. Es reconeixen estructures amb envans tant verticals com horitzontals o concèntrics, atribuïbles respectivament als icnogèneres *Teichichnus*, *Rhizocorallium* i *Asterosoma* (là.m. 5 B, D, E). A més a més petites excavacions de tipus *Phycosiphon incertum* són freqüents. Més rar és *Palaeophycus*. A més d'aquestes estructures que es reconeixen per lleugeres variacions de color en la roca, són abundants caus de tipus *Diplocraterion*, que es presenten en molts casos amb rebliment més sorrenc i ferruginitzats. Aquest fet els converteix en *elite trace fossils* que destaquen fortament sobre l'encaixant fortament bioturbat. Aquests *Diplocraterion* són de gran longitud, sovint 50 cm o més, però amb envans retrusius poc desenvolupats (no més d'uns pocs centímetres) (là.m. 5C). Les característiques de l'associació amb bioturbació generalitzada, icnodiversitat important i domini d'estructures produïdes per sedimentívors suggereix un ambient clarament d'*offshore* amb sedimentació tranquil·la i continuada.

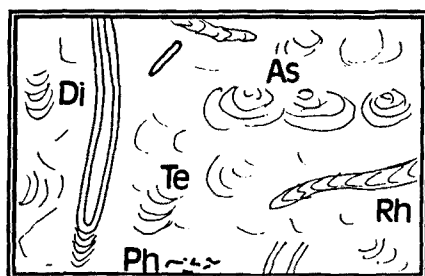


Figura 55. Icnofàbrica de les margues blaves amb *Diplocraterion* (Di), *Teichichnus* (Te), *Asterosoma* (As), *Rhizocorallium* (Rh) i *Phycosiphon* (Ph).

Figure 55. Ichnofabric of the blue clays with *Diplocraterion* (Di), *Teichichnus* (Te), *Asterosoma* (As), *Rhizocorallium* (Rh) and *Phycosiphon* (Ph).

- Llims sorrencs

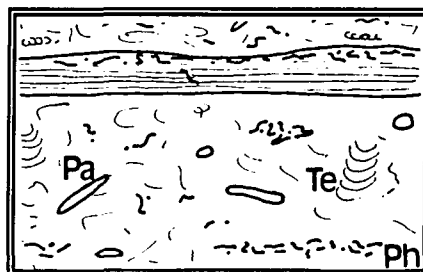
Aquesta associació està constituïda per llims totalment bioturbats amb intercalacions de sorres fines (entre pocs mm i 20 cm de potència) amb laminació paral·lela o, en alguns casos, encreuada. Apareix generalment per sobre dels conglomerats o reomplint cicatrius i passa verticalment i en alguns casos també lateralment a les margues blaves.

La fàcies dominant són els llims que es presenten quasi totalment bioturbats (índex de bioturbació 4-5). La icnofàbrica (fig. 56) està dominada per *Phycosiphon* (làrn. 5G), *Palaeophycus* i *Teichichnus* (làrn. 5F). *Phycosiphon incertum* és el constituent més important i a més d'aparèixer formant part de l'estructura general, freqüentment es presenta en importants concentracions en nivells mil·limètrics o en agrupacions que suggereixen rebioturbació de caus tipus *Thalassinoides* preexistents. Altres constituents d'aquesta icnofàbrica són *Diplocraterion*, *Scalarituba missouriensis* i cf. *Rosselia*. Pel que fa als nivells de sorra, aquests conserven la fàbrica sedimentària original, de manera que la bioturbació és en general aïllada. Aquesta està constituïda fonamentalment per *Phycosiphon* i localment abundants *Scalarituba*. Ambdues traces apareixen preferentment al sostre dels nivells de sorres. També en relació amb els nivells de sorres, s'han reconegut al sostre d'aquests els icnogèneres *Sinusichnus* (làrn. 6F) i *Scolicia*, encara que la seva preservació en aquesta posició està més relacionada amb aspectes purament tafonòmics. Finalment, a la base dels nivells més grullers s'identifiquen caus reomplerts de tipus *Skolithos* i *Thalassinoides*.

Aquesta associació correspon a la sedimentació de llims i sorres posteriorment a la instal·lació dels conglomerats. El tipus d'associació diversa indica unes condicions obertes però el tipus de traces existents amb domini d'estructures d'habitació i de pastura relativament simples, en contrast amb les de les margues blaves, indica un medi més inestable amb sedimentació discontinua. Els nivells més grullers, dipositats per fluxos de tipus turbidític, només presenten bioturbació intensa al sostre el que suggereix l'absència de bioturbadors profunds.

Figura 56. Icnofàbrica dels llims sorrencs amb *Phycosiphon* (Ph), *Palaeophycus* (Pa), *Teichichnus* (Te) entre d'altres.

Figure 56. Ichnofabric of the sandy silts with *Phycosiphon* (Ph), *Palaeophycus* (Pa), *Teichichnus* (Te).



- Conglomerats i sorres

Els nivells conglomeràtics intercalats entre les margues presenten morfologies allusionades i una estructura interna poc clara. Es tracta de conglomerats heteromètrics, que malgrat haver estat emplaçats en medi marí no presenten ni fauna associada ni perforacions als clastes. Això pot indicar que aquests no van ser emplaçats en condicions litorals, doncs en aquest cas, com a mínim a sostre dels

paquets s'haurien de reconèixer aquest tipus d'evidències. Aquests conglomerats presenten sorres mitges i fines intercalades que es presenten en general ben laminades i amb bioturbació quasi absent només representada per *Phycosiphon* i *Palaeophycus*, més abundants en les primes intercalacions més llimoses (fig. 57). *Teichichnus*, *Laminites* i *Scollicia* apareixen molt rarament. Alguns prims nivells argilosos poden contenir *Planolites*. Les característiques de les sorres indiquen que van ser resultat d'una sedimentació ràpida, en un ambient energètic.

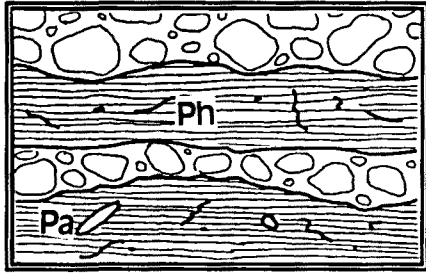


Figura 57. Icnofàbrica de les sorres dels trams conglomeràtics amb *Phycosiphon* (Ph) i *Palaeophycus* (Pa).

Figure 57. Ichnofabric of the sands of the conglomeratic intervals with *Phycosiphon* (Ph) and *Palaeophycus* (Pa)

•3.7.7. Discussió

• *Diplocraterion* i la fàbrica de les margues blaves

La fàbrica sedimentària de les margues blaves es d'origen fonamentalment biogènic. Els restes de la laminació horitzontal original són quasi absents (B.I.=4-5). En aquesta icnofàbrica podem distingir *Diplocraterion* molt evidents emfasitzats per processos diagenètics. Aquests poden ser considerats *elite trace fossils* en el sentit de Bromley (1990). La resta de les traces són molt menys evidents encara que constitueixen la major part de la fàbrica. Es tracta fonamentalment d'estructures amb envans (*Teichichnus*, *Rhizocorallium*, *Asterosoma*) produïdes per organismes sedimentívors sèssils i altres excavacions més petites (*Phycosiphon*) també corresponents a l'activitat de sedimentívors. Altres traces com *Palaeophycus* apareixen més rarament. Aquest tipus d'associació amb una diversitat important, dominada per *Fodinichnia* i amb un índex de bioturbació elevat és indicativa d'un medi *offshore* amb deposició pelítica per decantació més o menys continua i una tasa de sedimentació prou moderada com per que la bioturbació fos total.

En aquest contexte la presència de *Diplocraterion* sembla una mica anòmla. Aquest icnogènere apareix habitualment en medis soms litorals o sublitorals, en general en relació a substrats sorrencs en condicions energètiques elevades o moderades (Heinberg & Birkelund 1984, Dam 1990, entre d'altres). Els exemplars de *Diplocraterion* de Saint Isidore presenten unes característiques prou especials. Es tracta d'especimens corresponents a caus profunds (50 cm o més) amb poc desenvolupament dels envans (pocs cm) que són retrusius. El poc

desenvolupament d'aquests descarta la possibilitat d'una taxa de sedimentació important per explicar la longitud dels *Diplocraterion* sinó que aquesta es deguda a les dimensions del cau d'habitació original. Alguns autors descriuen *Diplocraterion habichi* de dimensions i característiques similars a aquests en associacions monoespecífiques o poc diverses en medis sorrencs d'alta energia, en alguns casos en relació a superfícies d'omissió (Heinberg & Birkelund 1984, Dam 1990). Per aquests autors la profunditat del cau respon a la necessitat de refugiar-se de les inestables condicions. A Saint Isidore ni l'associació és poc diversa ni el substrat sorrenc. Els *Diplocraterion* no poden ser referits a superfícies de colonització concretes encara que això pot ser en part degut a qüestions d'aflorament. La seva presència pot ser relacionada amb les peculiaritats sedimentològiques de l'aflorament. L'existència de paquets de conglomerats intercalats entre les margues indica que es van donar processos erosius importants, encara que esporàdics i impredecibles. L'organisme productor d'els *Diplocraterion*, gràcies a la profunditat del seu cau podria ser capaç de sobreviure a aquests episodis, al menys en alguns casos. Malgrat això, aquests esdeveniments van haver de ser molt poc freqüents, de manera que en els llargs intervals de sedimentació normal una comunitat bentònica diversa i complexa dominada per sedimentívors era capaç d'instal·lar-se i alterar la fàbrica totalment.

Així doncs, la comunitat bentònica productora d'aquesta icnofàbrica es trobaria estructurada en tres nivells ecològics: el profund constituït per *Diplocraterion*, l'intermedi amb estructures d'alimentació amb envans i el som format per *Pascichnia* tipus *Phycosiphon*.

• Bioturbació i icnofàbriques en els llims sorrencs

La fàbrica general d'aquestes fàcies és constituïda fonamentalment per *Phycosiphon*, *Palaeophycus* i *Teichichnus*, amb altres traces menys freqüents. La bioturbació és quasi completa. *Phycosiphon*, que és la traça més abundant, pot aparèixer en tres posicions diferents:

- dispers sense mostrar cap tipus de concentració
- en nivells primers (pocs mm) on constitueix pràcticament la totalitat de la fàbrica (monoicnospècífics). Aquests nivells estan lligats a la deposició distal de nivells episòdics (probablement turbidítics) i a la posterior colonització per part d'organismes oportunistes com devien ser els productors de *Phycosiphon*.
- rebioturbant caus prèviament existents de tipus *Thalassinoides*. Aquest fet és freqüent en el registre fòssil (Bromley & Frey 1974) doncs els rebliments acostumen a ser rics en matèria orgànica aprofitable per sedimentívors.

Els nivells de sorra més importants que apareixen intercalats, presenten una fàbrica dominada per les estructures d'origen físic amb bioturbació escassa limitada a *Phycosiphon* i *Scalarituba* especialment a sostre. Aquest fet és indicatiu de l'absència de bioturbadors profunds.

En el cas d'altres estructures que han estat reconegudes, la seva preservació es deguda a determinades condicions tafonòmiques especials. *Skolithos* i *Thalassinoides* apareixen a la base dels nivells més grullers i la seva presència és emfasitzada per la major granulometria del rebliment respecte l'encaixant. *Sinusichnus* i *Scolicia* es troben al sostre dels nivells de sorres. Aquesta posició està més probablement relacionada amb unes condicions de preservació favorables (en una zona de interfase) que amb una preferència dels organismes productors per ella.

En general, l'associació està dominada per traces poc complexes, de petit tamany, poc profundes i amb abundància d'aparicions oportunistes. Això indica un medi inestable, amb sedimentació discontinua i aportos grullers. Malgrat això la diversitat és important indicant unes condicions obertes.

• La batimetria

Diversos autors i a partir de dades diferents han posat de manifest el caràcter profund de la paleoria del Var en contrast amb aquelles més occidentals. L'estudi dels mol·luscs ha permès a diversos autors establir consideracions batimètriques. Cataliotti-Valdina (1975) valora la profunditat al jaciment de Vaugranier en uns 100-150 m, mentre que Martinell & Domènech (in Clauzon *et al.* 1990) consideren que els jaciments de Saint Martin du Var i Saint Isidore corresponen a condicions entre infralitorals i batials. Gili & Martinell (1993) tracten la conca del Var com una conca profunda (100-200 m). L'estudi dels foraminífers permet a Irr (1984) descriure associacions comparables a les que actualment ocupen batimetries de circalitoral a epibatial. Nolf & Capetta (1988) fan un complet estudi dels otòlits i consideren diversos afloraments com corresponents a profunditats d'entre 200 i 500 m. Profunditats similars són donades per Clauzon *et al.* (1990) a partir de dades sedimentològiques. Deixant de banda els valors numèrics, tots aquests autors coincideixen en establir unes condicions deposicionals relativament profundes amb batimetries de 100 m o més. El registre icnològic no permet donar valors més precisos, però sí permet determinar batimetries relatives en comparació amb altres conques del marge mediterrani. Les associacions descrites tant per les margues blaves com pels llims sorrencs presenten unes característiques d'intensitat de bioturbació i diversitat icnològica molt més elevades que les dels seus equivalents a

les altres conques estudiades. Això suggereix clarament un medi més obert i més profund que aquelles.

3.7.8. Breu descripció dels icnofòssils reconeguts (taula VII)

Asterosoma (làm. 5B). Aquest icnogènere correspon a estructures d'alimentació constituïdes per diversos elements radials horitzontals amb un cau central rodejat d'envans concèntrics. S'ha reconegut en secció com a conjunts d'estructures subcilíndriques amb laminació concèntrica.

cf. *Rosselia*. Aquestes estructures són molt rares i estan constituïdes per un cau vertical rodejat d'envans concèntrics.

Diplocraterion (làm. 5C). Es tracta d'estructures en forma d'U, verticals i de longitud en molts casos major a mig metre. Presenten envans retrussius poc desenvolupats en relació al tamany total del cau.

Gastrochaenolites lapidicus. Perforacions d'habitació de bivalves constituïdes per una cambra ovoidal amb una entrada estreta.

Laminites. Grans excavacions (5 cm) meniscades atribuïbles a equínids irregulars.

Maeandropolydora. Són perforacions cilíndriques sinuoses atribuïbles a anél·lids.

Oichnus paraboloides. Orificis en conquilles de mol·luscs corresponents a l'activitat predadora de gasteròpodes.

Palaeophycus. S'ha reconegut com seccions de menys d'1 cm de diàmetre amb un revestiment important.

Phycosiphon incertum (làm. 5G). Es tracta de petites excavacions vermiformes de diàmetre 1-2 mm, sinuoses, en alguns casos formant petits lòbuls, amb desenvolupament horitzontal que sovint apareixen en grans concentracions. S'atribueixen a cucs sedimentívors.

Rhizocorallium (làm. 5E). Estructures en forma d'U horitzontal o poc inclinada amb envans protrusius. Representa un cau d'alimentació d'un organisme sedimentívor.

Scalarituba missouriensis. Són excavacions vermiformes amb reompliment actiu constituït per paquets diferenciables de sediment fi.

Scolicia. Correspon a estructures horitzontals meniscades amb dos cordons centrals, atribuïbles a equínids irregulars.

Substrat pre-pliocé	<i>Gastrochaenolites</i> ** <i>Maeandropolydora</i> <i>Trypanites</i>
Margues blaves	<i>Diplocraterion</i> ** <i>Teichichnus</i> * <i>Rhizocorallium</i> * <i>Asterosoma</i> * <i>Phycosiphon</i> * <i>Palaeophycus</i> <i>Oichnus</i> Senyals de duròfags
Llims sorrencs	<i>Phycosiphon</i> ** <i>Palaeophycus</i> ** <i>Teichichnus</i> * <i>Thalassinoides</i> <i>Diplocraterion</i> <i>Scalartituba</i> * cf. <i>Rosselia</i> <i>Sinusichnus</i> <i>Scolicia</i> <i>Skolithos</i>
Sorres i conglomerats	<i>Phycosiphon</i> <i>Planolites</i> <i>Scolicia</i> <i>Laminites</i>

Taula VII. Traces fòssils presents en les diferents a fàcies a l'aflorament de Saint Isidore. Els asteriscs indiquen la freqüència (dos: abundant, un: comú, zero: present).

Table VII. Trace fossils present in the different facies in Saint Isidore. The asterisks indicate their frequency (two: abundant, one: common, zero: present).

Senyals de duròfags. Es tracta de cicatrius en conquilles de mol·luscs que es poden interpretar com a resultat de l'atac de depredadors (crustacis o peixos).

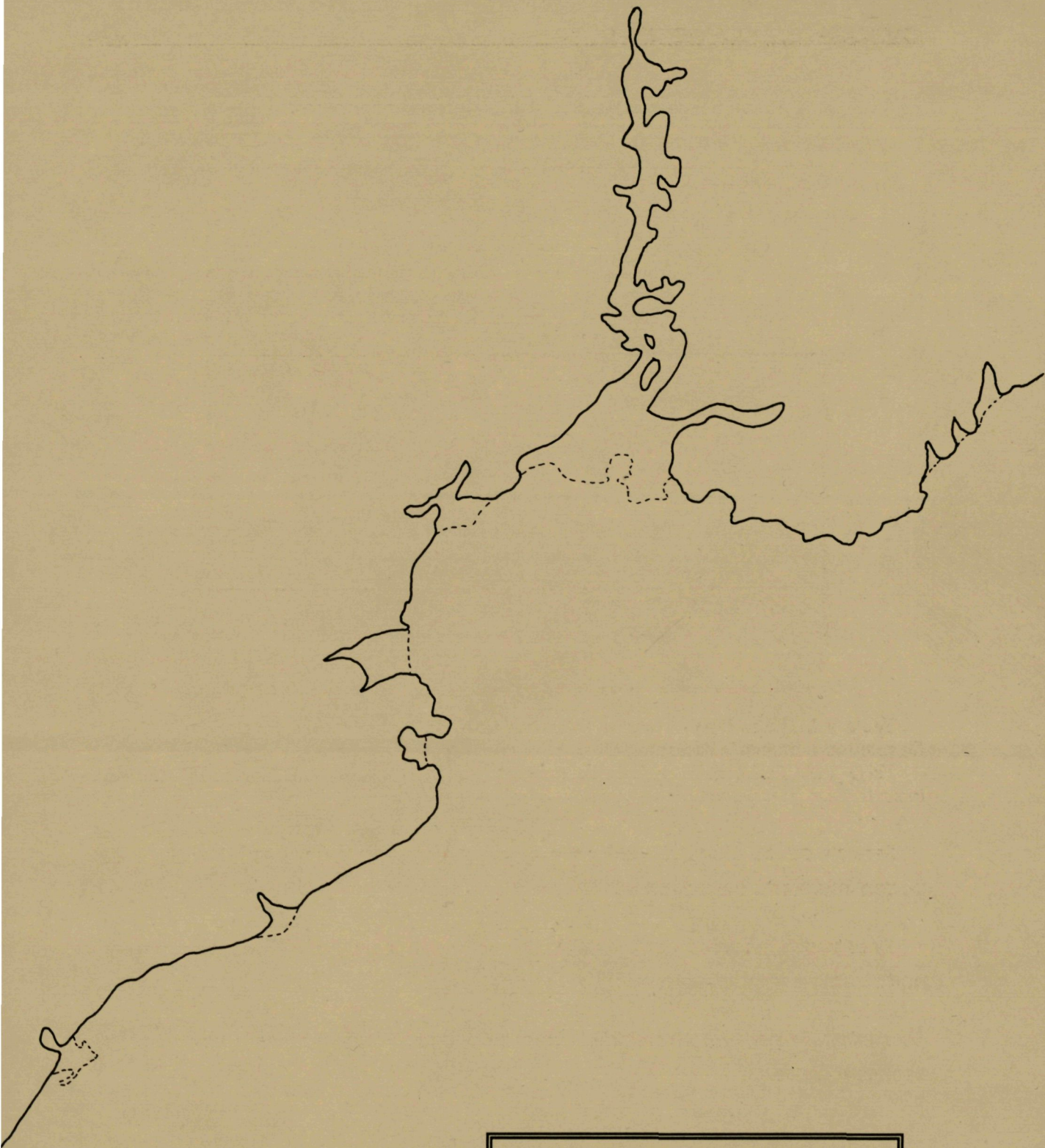
Sinusichnus sinuosus (lãm. 6F). Estructura ramificada amb desenvolupament horitzontal i elements regularment sinusoidals.

Skolithos linearis. Són caus simples rectilinis i verticals generalment reomplerts de sediment groller.

Teichichnus rectus (lãm. 5F). Es tracta d'estructures simples no ramificades amb envans retrusius

Thalassinoides. Aquest gènere correspon a caus ramificats atribuïbles a decàpodes. S'ha reconegut o bé reomplert per sediment groller o bé rebioturbat amb estructures tipus *Phycosiphon*.

Trypanites. Són petites perforacions rectilínies.



3.8. DISCUSSIÓ GENERAL

3.8 DISCUSSIÓ GENERAL

3.8.1. El reompliment sedimentari

Totes les conques pliocenes de la Mediterrània occidental comparteixen una mateixa història geològica amb uns orígens i una evolució sedimentària similar. El seu origen cal situar-lo en la crisi que va afectar a la Mediterrània al final del Messinià i que va provocar una davallada molt important del nivell del mar provocant una profunda excavació de les valls fluvials (apartat 2.2.). Això va condicionar la fisiografia del marge occidental mediterrani durant el Pliocè inferior. La transgressió que va tenir lloc al Zancleà inferior va envair les valls messinianes donant lloc a un seguit de ries (Baix Llobregat, Rosselló, Orb, Rhône, Var) o paleogolfs (Baix Ebre, Alt Empordà). El rebliment d'aquestes conques marginals es va produir íntegrament durant el Zancleà, excepte pel que fa a les conques dels Alps marítims (Var i altres) on es va estendre fins al Pliocè superior (Clauzon & Rubino 1992).

Aquesta història compartida fa que es puguin establir interessants punts de comparació entre els reompliments sedimentaris de les diferents conques. Es pot establir una divisió d'aquests en dipòsits transgressius, margues blaves i dipòsits regressius.

- Els dipòsits transgressius

La transgressió pliocena va ser ràpida i va avançar sobre paleorelleus en molts casos irregulars i abruptes. Per aquest motiu les unitats transgressives, en general estan poc desenvolupades. En la majoria de les conques les evidències de la transgressió es limiten a l'existència sobre el substrat pre-Pliocè de superfícies íntensament perforades i incrustades, i/o de dipòsits sorrencs o de graves associats a elles, generalment poc potents i rics en fauna litoral. Aquest tipus d'evidències corresponen al desenvolupament de paleopenyasegats litorals. Es poden observar al Baix Ebre, Baix Llobregat, Alt Empordà, Orb i Var. Només al Baix Ebre, les unitats transgressives estan més desenvolupades, i a més de superfícies de bioerosió, es reconeixen petits esculls de rodofícies i dipòsits de platja i badia.

- Les margues blaves

Les margues blaves són la unitat litològica més característica del Pliocè de la Mediterrània nord-occidental. Estan ben representades a totes les conques estudiades i assoleixen en molts casos potències de centenars de metres en sondatges realitzats als sectors distals de les conques. Aquesta unitat representa

sempre les condicions deposicionals més profundes dintre de cada conca i la seva màxima expansió correspon al màxim transgressiu zancleà. Així doncs, encara que en cap cas ha pogut ser establert amb claretat, aquesta unitat ha de ser en part transgressiva i en part regressiva.

Les margues blaves són sempre molt riques en fauna (mol·luscs, equinoderms, foraminífers, peixos, ostràcodes, etc.), excepte als afloraments de la conca de l'Orb, situats en posició molt proximal, on el contingut paleontològic es redueix a una pobre microfauna. En general, és una unitat molt homogènia constituïda exclusivament per argiles gris-blavoses encara que en algunes conques (Rosselló) o alguns sectors concrets pot ser més sorrenca.

Les margues blaves representen la sedimentació per decantació en un medi tranquil de profunditat variable que pot variar des de molt som -a Plaça de les Bruixes (Baix Llobregat) inclouen rastres de petits mamífers, mentre que a Cessenon (Orb) hi ha evidències de curtes exposicions- a som (Baix Ebre, Baix Llobregat, Alt Empordà, Rosselló, Rhône) i a relativament profund (Var). Els termes som i profund són utilitzats aquí com ho fan Gili & Martinell (1993) per a aquestes mateixes conques: som <50 m, profund >100 m. El caràcter som o profund de les margues blaves en els afloraments està en funció tant de la batimetria general de cada conca com de la seva posició paleogeogràfica dintre de la conca.

- Els dipòsits regressius

Per sobre de les margues blaves en totes les conques s'instal·len dipòsits més grullers que representen el seu reblliment final. Aquests dipòsits són tant marins com continentals. Aquestes unitats regressives són les que mostren una major variabilitat ja que es troben força condicionades per les característiques paleofisiogràfiques i geològiques de cada conca i el seu entorn.

Malgrat aquesta variabilitat podem diferenciar a grans trets, dos grans grups de dispositius sedimentaris regressius: tipus badia i tipus deltaic s.l.

El primer grup correspon a les conques més meridionals, el Baix Ebre i el Baix Llobregat, on la regressió pliocena està constituïda per dipòsits fonamentalment argilosos i on els materials sorrencs encara que freqüents no formen cossos sedimentaris importants sinò que es presenten intercalats entre les argiles. Aquests dipòsits corresponen a medis de badia on els aportats grullers d'origen continental són discontinus. En el cas del Baix Ebre la regressió culmina amb dipòsits continentals de plana al·luvial i lacustres.

Dintre del grup dels dispositius deltaics s.l. s'inclouen aquelles conques amb sedimentació grollera (sorrenca i/o conglomeràtica) important. La conca del Rhône, a Pichegu, mostra la sèrie més típicament deltaica, on les margues blaves representen les margues de prodelta, i un potent gruix de sorres correspon al front deltaic. Aquest delta s.s. es va desenvolupar gràcies a les condicions obertes sense restriccions d'espai que es donaven a la posició on ara es situa l'aflorament de Pichegu. En canvi a les altres conques la sedimentació tenia lloc en condicions més encaixades donant lloc a uns dispositius sedimentaris particulars. A la conca del Var, Irr (1984) descriu el dispositiu sedimentari regressiu com un ventall deposicional semiprofund on per sobre de les margues s'instal·la un important paquet conglomeràtic amb una pendent deposicional molt important que provoca freqüents situacions d'instabilitat a la zona frontal. Al Rosselló, Clauzon (1990) compara el tipus de reompliment de la conca amb un delta de tipus Gilbert compost de base a sostre per capes horitzontals o *bottom set beds* (les margues blaves), capes amb força pendent o *foreset beds* (sorres i conglomerats) i capes novament horitzontals o *topset beds* (conglomerats continentals). El gran contingut en graves del reompliment de les conques del Var i el Rosselló es troba en relació a la seva ubicació adjacent a relleus molt importants com els Alps i els Pirineus. Finalment, a l'Alt Empordà i l'Orb, les margues blaves són recobertes per sorres i conglomerats marins i finalment per dipòsits continentals.

3.8.2. El registre icnològic. La bioturbació

3.8.2.1. La distribució paleogeogràfica de les traces fòssils

La diversitat icnològica és molt diferent en cada conca (taula VIII, fig. 58). Això està relacionat amb factors ecològics, preservacionals i també d'aflorament. Les conques del Baix Ebre, Baix Llobregat i Var són les que major nombre de traces han subministrat. En els dos primers casos l'existència de dipòsits alternants de sorres i argiles ha afavorit la preservació dels icnofòssils. A Var, que és la conca més marina i més profunda, la diversitat està lligada sobre tot a les condicions ecològiques.

Les traces fòssils reconegudes presenten en general una àmplia distribució a la regió estudiada. La majoria apareixen en tres o més conques mentre que només unes poques són exclusives d'una d'elles (taula VIII, fig. 58). Els icnogèneres *Skolithos* i *Thalassinoides*, que es troben en cinc de les set conques estudiades, són les formes amb una més àmplia dispersió; *Palaeophycus*, *Scalarituba*, *Teichichnus*, *Phycosiphon*, *Planolites* i *Sinusichnus* es troben també entre les més freqüents i abundants. La majoria d'aquestes traces són estructures produïdes per l'activitat d'organismes sedimentívors i detritívors amb gran tolerància ambiental. Això és

Estructures d'habitació	Caus en JIU	BE • • • • • •
	Caus en Y, J i espirals	• BL • • • • •
	<i>Diplocraterion</i> isp.	• • • • • • V
	<i>Ophiomorpha nodosa</i>	• BL • Ro • • •
	<i>Palaeophycus</i> isp.	BE BL • • O • V
	<i>Psilonichnus tubiformis</i>	• • • • • Rh •
	<i>Skolithos linearis</i>	BE BL AE • • Rh V
Traces de locomoció	Pistes simples	BE BL • • • • •
	Pistes bilobades	BE • • • • •
	Rastres de tetràpodes	• BL • • • • •
Excavacions de sedimentívors vàgils	Excavacions vermiformes	BE BL • • • Rh •
	<i>Laminites</i> isp.	• BL • Ro • • V
	<i>Scalarituba biserialis</i>	• BL • • • • •
	<i>Scalarituba missouriensis</i>	BE BL • • • Rh V
	<i>Scollicia</i> isp.	BE • • • • • V
	<i>Phycosiphon incertum</i>	• BL • • O • V
Sistemes de galeries de detritívors	<i>Sinusichnus sinuosus</i>	BE BL • • • • V
	<i>Thalassinoides</i> isp.	BE • AE Ro • • V
	<i>Thalassinoides suevicus</i>	• BL • • • • •
Estructures d'alimentació amb envans	<i>Asterosoma</i> isp.	• • • • • • V
	cf. <i>Rosselia</i>	• • • • • • V
	<i>Rhizocorallium</i> isp.	• • • • • Rh V
	<i>Teichichnus rectus</i>	BE • • Ro • Rh V
Estructures d'escapament	Fugichnia	BE • • • • •
Traces de repòs	<i>Cardioichnus planus</i>	• BL • • • • •

Taula VIII. Llistat dels icnofòssils reconeguts al Pliocè de la Mediterrània nord-occidental agrupats en diferents grups etològics i amb la seva distribució per conques. BE. Baix Ebre, BL. Baix Llobregat, AE. Alt Empordà, Ro. Rosselló, O. Orb, Rh. Rhône, V. Var.

Table VIII. The icnofossils recognized in the NW Mediterranean Pliocene grouped in several ethologic classes and indicating their basins distribution. BE. Baix Ebre, BL. Baix Llobregat, AE. Alt Empordà, Ro. Rosselló, O. Orb, Rh. Rhône, V. Var.

coherent amb un context marí marginal amb tasa de sedimentació elevada i gran productivitat orgànica, i sotmés a variacions paleoambientals importants. D'entre les traces que apareixen en una única conca, algunes poden ser abundants com els caus en J del Baix Ebre o els *Diplocraterion* de Saint Isidore. Els primers són exclusius de la unitat lutítico-sorrenca inferior on són els principals constituents de l'associació icnològica. La seva presència està relacionada amb el caràcter restringit de la

unitat. Els *Diplocraterion* de Saint Isidore hi són presents en funció d'una situació ambiental molt concreta amb importants i esporàdics episodis erosius.

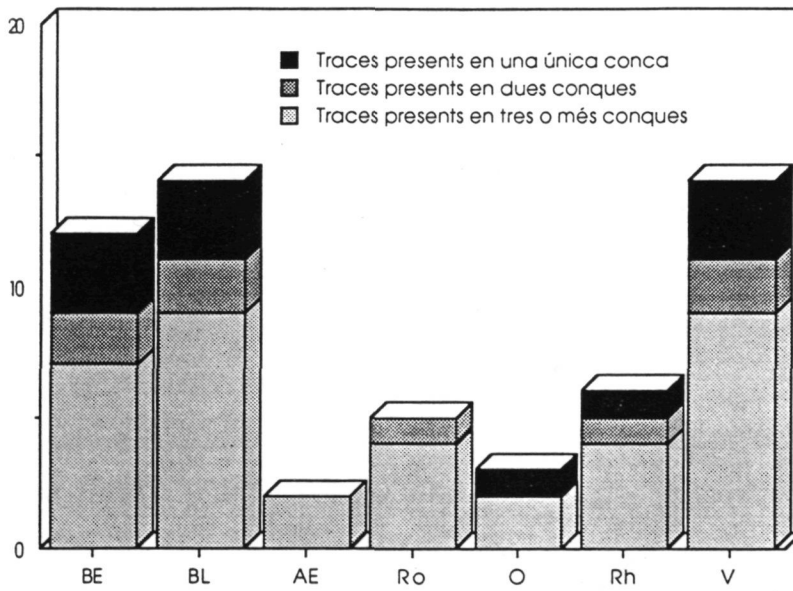


Figura 58. Nombre d'icnogèneres reconeguts en les diferents conques i la seva distribució. BE. Baix Ebre, BL. Baix Llobregat, AE. Alt Empordà, Ro. Rosselló, O. Orb, Rh. Rhône, V. Var.

Figure 58. Number of ichnogenera recognized in each basin and their distribution. BE. Baix Ebre, BL. Baix Llobregat, AE. Alt Empordà, Ro. Rosselló, O. Orb, Rh. Rhône, V. Var.

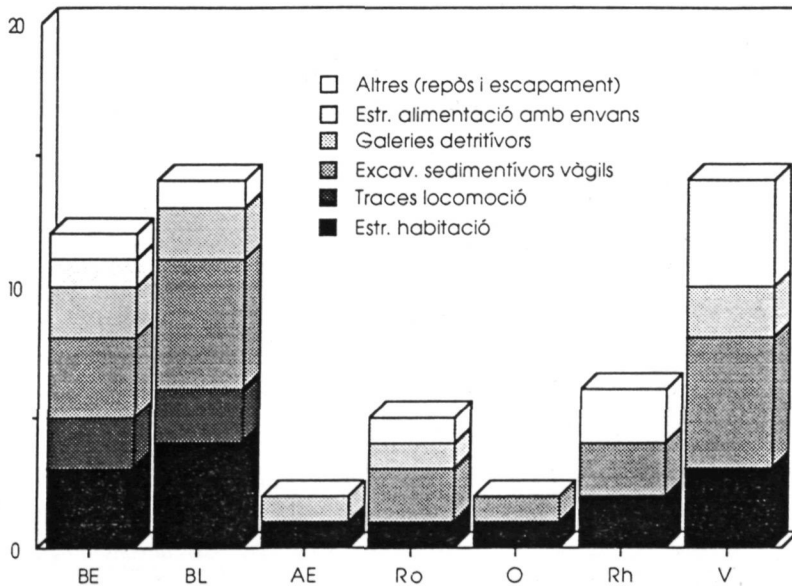


Figura 59. Distribució etològica dels icnogèneres en les diferents conques estudiades. Abreviatures per a les conques com a la figura 58.

Figure 59. Ethologic distribution of the ichnogenera in each one of the studied basins. Same abbreviations as in figure 58.

Des del punt de vista etològic, els icnofòssils dominants són aquells que corresponen a l'activitat de sedimentívors i detritívors infàunics (fig. 59). Com s'ha comentat més adalt això és coherent amb el medi deposicional. Dintre de les estructures d'alimentació hem diferenciat tres categories: excavacions de sedimentívors vàgils, galeries de detritívors i estructures d'alimentació amb envans. Al Baix Ebre i al Baix Llobregat, les estructures amb envans són gairebé absents mentre que dominen les excavacions de sedimentívors vàgils. A Var, en canvi, les estructures amb envans són més importants. Això és conseqüència de les condicions més profundes i francament marines amb una major estabilitat que es donaven en aquesta conca afavorint la instal·lació de sedimentívors sèssils.

3.8.2.2. Icnofàbriques

Malgrat que moltes traces han estat reconegudes en diverses conques, les peculiaritats de cada una d'elles són més clares si s'analitzen les associacions d'aquestes traces en relació a la quantitat de bioturbació i a les característiques litològiques i sedimentàries dels dipòsits on es troben. El conjunt d'aquestes característiques ha permès reconèixer diferents icnofàbriques que han estat descrites en els capítols precedents. S'han definit 17 icnofàbriques, 4 d'elles per a les margues blaves i 13 per a les unitats més sorrenques (fig. 60, taula X).

• Icnofàbriques de les margues blaves

Les margues blaves presenten sovint (Baix Ebre, Baix Llobregat, Alt Empordà, Rhône) un aspecte totalment homogeni sense estructures evidents ni biogèniques ni sedimentàries. Això és conseqüència d'una intensa bioturbació en un substrat semiflúid que no permet la preservació d'estructures figuratives. El caràcter semiflúid està en relació a una tasa de sedimentació alta i a l'absència d'estructures profundes que afectarien a sediments una mica més consistents. Malgrat això s'han pogut definir quatre icnofàbriques:

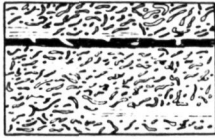
• ICNOFÀBRICA 1. Icnofàbrica monospecífica de *Phycosiphon*

APARICIONS: A les argiles grises de Cessenon (Orb).

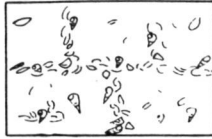
DESCRIPCIÓ: Aquesta icnofàbrica es caracteritza per presentar una tasa de bioturbació alta (B.I. 4-5*) de manera que només romanen alguns vestigis de laminació. *Phycosiphon* es presenta molt ben definit i en grans concentracions. Molt rarament pot aparèixer algun *Palaeophycus*. La macrofauna associada a aquesta

* Per evaluar la tasa de bioturbació s'ha utilitzat el *Bioturbation Index* de Taylor & Goldring (1993) (veure apartat 1.5.4).

ICNOFÀBRIQUES DE LES MARGUES BLAVES



1. Monospecifica de Phycosiphon
Ph



2. *Thalassinoides* amb reompliment bioclàstic
Th ev

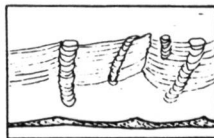


3. *Planolites* amb *Thalassinoides* i *Teichichnus*
Pl Te Th La



4. *Diplocraterion* i estructures amb envans
Di Te As Rh Ph Pa

ICNOFÀBRIQUES DE LES UNITATS SORRENQUES

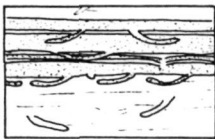


5. Monospecifica de *Teichichnus*
Te

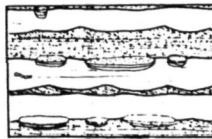


6. Monospecifica de *Scalarituba*
Sc

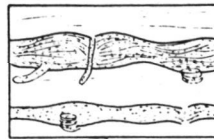
ARGILES



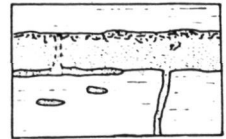
7. Caus en J
Jb Fu st bt



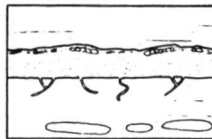
8. *Sinusichnus*
Si Te Si Sc st



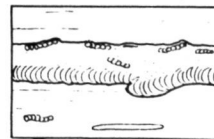
9. *Teichichnus-Fugichnia*
Te Fu Jb



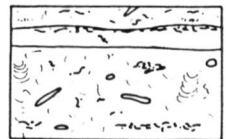
10. *Phycosiphon-Skolithos*
Ph Sk Th Pa Pl



11. *Phycosiphon-Sinusichnus*
Ph Si Yb Sc Th

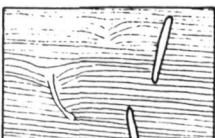


12. *Scalarituba-Laminites*
Sc La Ph Ca st Hb

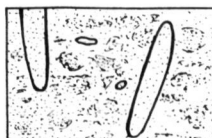


13. *Phycosiphon-Palaeophycus*
Ph Pa Te Sc Di Sk Th Si Si Ro

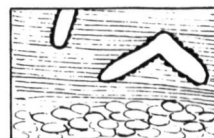
SORRES I LUTITES



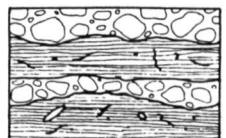
14. *Skolithos* amb laminació primària
Sk Fu



15. *Skolithos* amb motejat
Sk Fu



16. *Ophiomorpha*
Op Mc Sk



17. *Phycosiphon* amb laminació primària
Ph Pl Si La

SORRES

Figura 60. Diagrama mostrant les 17 icnofàbriques descrites en aquest capítol. Els significats de les abreviatures pels icnogèneres es troben a la taula IX.

Figure 60. The seventeen ichnofabrics described in this chapter. Ichnogenera abbreviations in table IX.

As. <i>Asterosoma</i>	La. <i>Laminites</i>	Sc. <i>Scalarituba</i>
bt. Pistes bilobades	Mc. <i>Macaronichnus</i>	Si. <i>Sinusichnus</i>
Ca. <i>Cardioichnus</i>	mo. Motejat	Sk. <i>Skolithos</i>
Di. <i>Diplocraterion</i>	Op. <i>Ophiomorpha</i>	Sl. <i>Scolicia</i>
ev. Excavacions vermiformes	Pa. <i>Palaeophycus</i>	st. Pistes simples
Fu. Fugichnia	Ph. <i>Phycosiphon</i>	Te. <i>Teichichnus</i>
Hb. Caus horitzontals	Pl. <i>Planolites</i>	Th. <i>Thalassinoides</i>
Jb. Caus en J	Rh. <i>Rhizocorallium</i>	Yb. Caus en Y, J i espirals
	Ro. cf. <i>Rosselia</i>	

Taula IX. Abreviatures utilitzades a la taula X i a la figura 60 pels diferents icnogèneres.
Table IX. Ichnogenera abbreviations used in table X and figure 60

ICNOFÀBRICA	TRACES	SEDIMENT	ID.	B.I.	ENERGIA	SALINITAT	BATIMETRIA	AMBIENT SEDIMENTARI	CONQUES
1. Monospècífica de <i>Phycosiphon</i>	Ph	argiles	1	4-5	baixa	baixa	molt som	ria proximal	O
2. <i>Thalassinoides</i> amb reompliment bioclàstic	Th ev	argiles	1	6	baixa a moderada	marina	som	badia	BE Ro
3. <i>Planolites</i> amb <i>Thalassinoides</i> i <i>Teichichnus</i>	Pl Te Th La	argiles sorrenques	4	5-6	baixa a moderada	marina	som	shoreface	Ro
4. <i>Diplocraterion</i> i estructures amb envans	Di Te As Rh Ph Pa	argiles	6	4-5	baixa	marina	profund	offshore	V
5. Monospècífica de <i>Teichichnus</i>	Te	argiles sorrenques	1	6	baixa	baixa	molt som	badia marginal	BE
6. Monospècífica de <i>Scalarituba</i>	Sc	argiles carbonatades	1	6	baixa	baixa	molt som	badia interdistrib.	Rh
7. Caus en J	Jb Fu st bt	sorres i argiles	4	1-2	moderada	baixa?	som	badia	BE
8. <i>Sinusichnus</i>	Si Te Sl Sc st	sorres i argiles	5	2	moderada	-	som	badia	BE
9. <i>Teichichnus</i> -Fugichnia	Te Fu Jb	sorres i argiles	3	2	moderada	-	som	badia	BE
10. <i>Phycosiphon</i> - <i>Skolithos</i>	Ph Sk Th Pa Pl	sorres i argiles	5	2	moderada	intermèdia o variable	som	ria	BL
11. <i>Phycosiphon</i> - <i>Sinusichnus</i>	Ph Si Yb Sc Th	sorres i argiles	5	1-2	moderada	-	som	ria	BL
12. <i>Scalarituba</i> - <i>Laminites</i>	Sc La Ph Ca st Hb	sorres i argiles	6	2	moderada	marina	som	ria distal	BL
13. <i>Phycosiphon</i> - <i>Palaeophycus</i>	Ph Pa Te Sc Di Sk Th Si Sl Ro	llims sorrenqs	10	4-5	moderada	marina	profund	ventall semiprofund	V
14. <i>Skolithos</i> amb laminació primària	Sk Fu	sorres	2	1-2	alta	-	som	barra arenosa	BE
15. <i>Skolithos</i> amb motejat	Sk mo Pa	sorres	2	4-5	moderada a alta	-	som	shoreface	BE AE
16. <i>Ophiomorpha</i>	Op Mc Sk	sorres	3	2	alta	intermèdia o variable	som	canal en na proximal	BL
17. <i>Phycosiphon</i> amb laminació primària	Ph Pl Sl La	sorres	4	1-2	alta	marina	profund	canal en ventall semiprofund	V

Taula X. Les 17 icnofàbriques descrites en aquest capítol amb les seves principals característiques i el seu context paleoambiental. ID. Icnodiversitat, B.I. Índex de bioturbació (sensu Taylor & Goldring 1993). Els significats de les abreviatures pels icnogèneres es troben a la taula IX. En negreta els icnofòssils més importants.

Table X. The seventeen ichnofabrics described in this chapter indicating their main features and their paleoenvironmental setting. ID. Ichnodiversity, B.I. Bioturbation Index (sensu Taylor & Goldring 1993). The meaning of the abbreviations for ichnogenera is in table IX. In negreta the most important ichnofossils of each ichnofabric.

icnofàbrica és pràcticament inexistent i la microfauna indicativa de condicions restringides.

INTERPRETACIÓ: Aquesta icnofàbrica correspon a ambients restringits, rics en matèria orgànica i poc favorables a la vida endobentònica, on organismes sedimentívors oportunistes amb gran tolerància ecològica, com els productors de *Phycosiphon*, podrien proliferar amb èxit causant la total bioturbació de la fàbrica. Les condicions poc favorables vindrien donades per variacions en la salinitat i/o per la presència d'una làmina d'aigua poc important i probablement en alguns casos absent com indica la presència d'alguns incipients *firmgrounds*. Aquest ambient és coherent amb les característiques paleogeogràfiques i sedimentològiques de la localitat on s'ha reconegut. L'aflorament de Cessenon es troba situat a la part més proximal de la ria d'Orb on aquesta era ja molt estreta i soma i on les variacions tant de nivell de l'aigua com de la seva salinitat podrien haver estat extremes.

COMPARACIONS: Ekdale & Lewis (1991) descriuen una icnofàbrica similar (*Anconichnus horizontalis ichnofacies*) al Pleistocè de Nova Zelanda amb total bioturbació i una única icnoespècie, *Anconichnus horizontalis*, que es pot considerar sinònim de *Phycosiphon incertum* (Wetzel & Bromley 1994, veure capítol de sistemàtica per una discussió més extensa). Ekdale & Lewis situen aquesta aparició monoespecífica en un medi de badia soma, amb baixa energia, sedimentació fina i salinitat variable, molt similar al paleoambient interpretat per Cessenon.

- **ICNOFÀBRICA 2.** Icnofàbrica de *Thalassinoides* amb reompliment bioclàstic

APARICIONS: A Ciurana (Alt Empordà) i a Sant Onofre (Baix Ebre) en les margues blaves.

DESCRIPCIÓ: Aquesta icnofàbrica es desenvolupa en margues blaves molt riques en fauna. Les margues rarament presenten restes de laminació sinò que es presenten força homogeneïtzades. L'única estructura clarament representada són caus de tipus *Thalassinoides* amb reompliment constituït fonamentalment per conquilles. Apart d'aquesta estructura només rarament es reconeixen algunes excavacions vermiformes.

INTERPRETACIÓ: El caràcter homogeni de la icnofàbrica s'interpreta com a produït per una intensa bioturbació que malgrat destruir la fàbrica sedimentària original no va ser capaç de donar lloc a una altra fàbrica biogènica figurativa degut al caràcter semiflúid del sediment. La icnofàbrica resultaria de la introducció de material esquelètic a l'interior de sistemes de caus ramificats atribuïbles a decàpodes per l'acció de febles fenòmens turbulents. Els fenòmens turbulents podien ser deguts a tempestes, però el seu efecte va ser feble ja que no introdueixen material al·lòcton ni produeixen desarticulació, trencament o selecció generalitzada de les conquilles.

COMPARACIONS: Tedesco & Wanless (1991) descriuen fàbriques dominades per la presència de caus tipus *Thalassinoides* reomplerts per restes esquelètiques en dipòsits soms de l'Holocè de Florida. En el cas descrit per aquests autors les tormentes són molt freqüents de manera que els caus poden superposar-se i acabar transformant el substrat original en un dipòsit lumaquèlic. A l'Alt Empordà i al Baix Ebre els processos van ser segurament més febles i menys freqüents.

- ICNOFÀBRICA 3. Icnofàbrica de *Planolites* amb *Thalassinoides* i *Teichichnus*.

APARICIONS: Exclusivament a la conca del Rosselló tant a la vall de la Valmagna com a la vall del Tech.

DESCRIPCIÓ: Aquesta icnofàbrica es presenta en margues blaves sorrenques que es troben totalment bioturbades (B.l. 5-6). El component principal d'aquesta icnofàbrica és *Planolites*. Juntament amb aquest hi són presents *Thalassinoides*, *Teichichnus* i *Laminites*. *Planolites* sovint apareix en concentracions molt elevades rebioturbant els reompliments dels *Thalassinoides*. A part de les traces ben definides la resta de la fàbrica es presenta també bioturbada. Aquesta icnofàbrica vé associada a un sediment molt ric en fauna (molluscs especialment), abundant i diversa, que en alguns casos inclou fragments de fusta amb *Teredolites*.

INTERPRETACIÓ: L'elevat contingut en sorra de la fàbrica cal atribuir-lo a la destrucció per la bioturbació de petits nivells arenosos que serien dipositats discontinuament en alternança amb les argiles. L'abundant fauna és indicativa d'un medi marí obert com també ve indicat per la presència d'estructures d'equínids (*Laminites*), organismes que no poden viure en condicions baixes de salinitat. Malgrat l'elevada taxa de bioturbació l'icnodiversitat no és alta el que suggereix un medi deposicional som. Finalment la presència de fragments de troncs amb *Teredolites*, posa de manifest el caràcter litoral d'aquestes fàcies. Tot això permet interpretar aquesta icnofàbrica com a corresponent a un medi som litoral a sublitoral amb sedimentació fonamentalment argilosa i petits aports discontinus de sorres, no prou importants per alterar o modificar l'estructura de la comunitat bentònica existent.

COMPARACIONS: L'associació descrita per Howard & Frey (1984) per a dipòsits de l'*offshore* superior al Cretàc superior de Utah presenten importants similituds amb la nostra icnofàbrica 3. Es tracta de dipòsits totalment bioturbats amb, entre d'altres, *Scolicia* (comparable amb els *Laminites* del Rosselló), *Thalassinoides*, *Teichichnus* i *Planolites*. A més a més els escassos nivells de sorres intercalats en els llims que allotjen aquesta associació, poden incloure *Ophiomorpha nodosa* com en els afloraments equivalents de La Valmagna.

- ICNOFÀBRICA 4. Icnofàbrica de *Diplocraterion* i estructures amb envans

APARICIONS: Exclusivament a l'aflorament de Saint Isidore (conca del Var) a les margues blaves.

DESCRIPCIÓ: Es tracta d'una icnofàbrica amb un índex de bioturbació alt (B.I. 4-5) i una icnodiversitat important. Els principals constituents són *Diplocraterion*, *Asterosoma*, *Teichichnus*, *Rhizocorallium* i *Phycosiphon*. Menys freqüent és *Palaeophycus*. La majoria de les traces són prominents i es reconeixen per variacions de color de les margues blaves que les allotjen. Només *Diplocraterion* es troba emfasitzat per diagènesi diferencial (ferruginització) degut al seu reompliment més sorrenc i pot ser considerat un *elite trace fossil* (sensu Bromley 1990). Aquests *Diplocraterion* són molt profunds (més de 0.5 m) i amb poc desenvolupament dels seus envans retrusius.

INTERPRETACIÓ: Els constituents d'aquesta icnofàbrica són dominantment estructures d'alimentació amb envans (*Teichichnus*, *Rhizocorallium*, *Asterosoma*). Això indica que el sediment era prou ric en matèria orgànica i el medi prou estable com per allotjar diversos tipus d'organismes sedimentívors. Això és coherent amb un medi relativament profund però alhora proper a la costa com ha estat proposat per a la conca del Var. L'aparició de llargs *Diplocraterion* té unes implicacions molt concretes. Aquest icnogènere és generalment típic d'ambients somers i molt energètics especialment quan, com en aquest cas, assolix dimensions verticals importants. Cal interpretar aquests *Diplocraterion* com els caus d'organismes adaptats per a sobreviure als importants episodis d'erosió que puntualment tindrien lloc com indica la presència d'intercalacions conglomeràtiques. L'existència d'aquests episodis estaria lligada a processos de inestabilitat en el front del ventall deposicional i eren per tant imprevisibles i presumiblement poc freqüents. La raresa d'aquests processos permetria la instal·lació d'una comunitat bentònica complexa en relació a la sedimentació argilosa normal però alhora afavoriria la presència d'organismes especialment resistent a aquests poc freqüents successos. Es a dir que aquesta icnofàbrica estaria condicionada per unes condicions molt concretes amb domini de l'estabilitat i episodis erosius molt rars i imprevisibles.

COMPARACIONS: En zones d'*offshore* proximal del Cretàcic de U.S.A., Pemberton *et al.* (1992c) descriuen unes associacions de traces fòssils constituïdes per *Anconichnus* (= *Phycosiphon*), *Asterosoma*, *Chondrites*, *Helminthopsis*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Rhizocorallium*, *Teichichnus*, *Terebellina* i *Thalassinoides*. La majoria d'aquests icnogèneres són constituents principals de l'icnofàbrica 5. La diferència radica en l'absència dels llargs *Diplocraterion* que, com s'ha comentat més adalt, responen a unes condicions molt específiques.

- **Iconofàbriques de les unitats sorrenques**

Aquestes unitats estan generalment constituïdes per argiles i sorres. La dualitat litològica afavoreix una millor preservació de les traces que en general són més conspicues que a les margues blaves. Les 13 iconofàbriques descrites en aquestes unitats poden ser agrupades en tres conjunts en funció del sediment que les allotja.

Iconofàbriques en argiles

- **ICNOFÀBRICA 5.** Iconofàbrica monospecífica de *Teichichnus*

APARICIONS: A la part més superior de la Unitat lutífitico-sorrenca superior a Sant Onofre (Baix Ebre).

DESCRIPCIÓ: És una iconofàbrica limitada a certs nivells poc potents (20 cm.) que es troben totalment bioturbats (B.I. 5-6) constituïts exclusivament per *Teichichnus*. Es troben associats a argiles amb una pobra microfauna constituïda per foraminífers aglutinats i *Ammonia*.

INTERPRETACIÓ: El contingut en microfauna i la proximitat al trànsit amb els dipòsits continentals indiquen un medi molt som, restringit i amb salinitats baixes. En aquest context determinats organismes sedimentívors oportunistes podien colonitzar el substrat, ric en matèria orgànica i proliferar transformant totalment la fàbrica original.

COMPARACIONS: Iconofàbriques de *Teichichnus* són freqüents en ambients transicionals. Beynon & Pemberton (1992) descriuen al Cretàcic d'Alberta (Canadà), una associació en argiles amb molt baixa diversitat i domini de *Teichichnus* que pot aparèixer en algunes àrees en altes densitats. Aquesta aparició ve sempre associada a nivells transgressius i en relació a arrels i carbons el que els permet interpretar-la com corresponent a condicions salobres o d'estrés en la salinitat.

- **ICNOFÀBRICA 6.** Iconofàbrica monospecífica de *Scalarituba*

APARICIONS: Al tram argilós de la unitat sorrenca a Pichegu (Rhône).

DESCRIPCIÓ: Aquesta iconofàbrica, com l'anterior, es troba limitada a nivells poc potents. En aquest cas es tracta de nivells carbonatats de gra fi que es troben totalment bioturbats (B.I. 5-6) sent l'únic iconofòssil present *Scalarituba*. Aquests nivells apareixen associats a argiles amb prims nivells de sorres que inclouen *Psilonichnus*.

INTERPRETACIÓ: El context sedimentari d'aquesta iconofàbrica correspon a una badia interdistributària en un sistema deltaic. Les condicions van haver de ser restringides amb variacions de la salinitat afavorint les aparicions oportunistes de l'organisme productor de *Scalarituba*. La presència de *Psilonichnus* en els dipòsits associats confirma el seu caràcter molt som.

COMPARACIONS: Bjerstedt (1988) descriu una associació de *Planolites* i *Scalartituba* al Carbonífer de U.S.A. en argiles llimoses fortament bioturbades. Aquests autors interpreten els dipòsits que contenen l'associació com de badia interdistributària amb condicions restringides, coincidint plenament amb l'aparició de Pichegu.

Iconofàbriques en dipòsits alternants lutífitico-sorrenes

- ICNOFÀBRICA 7. Iconofàbrica de caus en J

APARICIONS: A la Unitat lutífitico-sorrenca inferior a Sant Onofre (Baix Ebre)

DESCRIPCIÓ: La fàcies que allotja aquesta iconofàbrica està formada per alternances d'argiles llimoses i sorres. Les sorres s'ordenen en nivells centimètrics tabulars que poden formar paquets de fins a 1 m. La bioturbació és més aviat escassa (B.I. 1-2). L'estructura biogènica més freqüent són els caus en forma de J, o en algun cas de U, que apareixen tant a la base dels nivells de sorres com dins dels trams més argilosos. En alguns casos poden trobar-se concentracions importants. A part d'aquestes estructures, només algunes traces d'escapament i pistes de locomoció superficials simples i bilobades han estat reconegudes. El contingut paleontològic d'aquesta fàcies es redueix a aïllats bancs d'ostreïdes i alguns foraminífers i ostràcodes diagenitzats.

INTERPRETACIÓ: Aquesta iconofàbrica s'interpreta com formada en un medi de badia restringida amb freqüents però discontinus aports grullers, on la vida bentònica estaria dominada per una única espècie de cuc o artròpode que viuria en caus simples. Alguns organismes epifaunics han quedat registrats per les seves traces de locomoció, la preservació de les quals va ser possible per la deposició de turbidites sorrenques amb molt poca capacitat erosiva.

- ICNOFÀBRICA 8. Iconofàbrica de *Sinusichnus*

APARICIÓ: A la Unitat lutífitico-sorrenca superior a Sant Onofre (Baix Ebre).

DESCRIPCIÓ: Des del punt de vista sedimentari aquesta iconofàbrica està constituïda per alternances centimètriques d'argiles i sorres. Les argiles presenten laminació horitzontal, mentre que els nivells de sorres mostren generalments dos membres diferenciats, un inferior amb laminació paral·lela horitzontal i un superior amb *ripples* de corrent. La tasa de bioturbació és baixa (B.I. 2). El principal constituent de la icnoassociació és *Sinusichnus* que pot aparèixer tant a base com a sostre dels nivells de sorres i també dintre dels trams argilosos. Juntament amb *Sinusichnus* apareix *Teichichnus* i ocasionalment *Scolicia*, *Scalartituba* i algunes pistes simples.

INTERPRETACIÓ: S'interpreta com un medi de badia tranquil amb esporàdics aports turbidítics d'origen continental. La inestabilitat i l'elevada tasa de

sedimentació van inhibir la instal·lació d'una comunitat endobentònica prou important per produir una bioturbació generalitzada.

- ICNOFÀBRICA 9. Icnofàbrica de *Teichichnus* i *Fugichnia*

APARICIONS: A la Unitat lutílico-sorrenca superior a Sant Onofre (Baix Ebre).

DESCRIPCIÓ: Es troba en fàcies constituïdes per argiles alternants amb nivells sorrencs irregulars amb laminacions aparentment de tipus *hummocky*. La intensitat de bioturbació és baixa a moderada (B.I. 2-3) amb *Teichichnus*, estructures d'escapament i alguns caus en J. Les estructures apareixen principalment en relació als nivells de sorres.

INTERPRETACIÓ: Aquesta icnofàbrica correspon a un medi de badia proximal, inestable i amb una elevada taxa de sedimentació desfavorable per organismes infàunics. Alguns d'ells capaços de reaccionar enfront la sedimentació poden produir estructures d'equilibri tipus *Teichichnus*. Altres organismes reaccionarien als fenòmens deposicionals més sobtats produint estructures d'escapament.

- ICNOFÀBRICA 10. Icnofàbrica de *Phycosiphon-Skolithos*

APARICIONS: A El Papiol i Pic d'en Valls (Baix Llobregat).

DESCRIPCIÓ: Aquesta icnofàbrica correspon a dipòsits alternants d'argiles i sorres poc bioturbades (B.I. 2). Les argiles presenten laminació horitzontal i les sorres són massives o amb laminació planar. Els icnogèneres reconeguts són *Phycosiphon*, *Skolithos*, *Thalassinoides*, *Palaeophycus* i *Planolites*. Les traces ocupen posicions característiques. *Skolithos* i *Palaeophycus* apareixen a sota dels nivells de sorres dins de les argiles i reomplerts per sorra. *Phycosiphon* i *Planolites* (el primer és molt més abundant) apareixen ambdós en grans concentracions a sota dels nivells sorrencs, mentre que *Thalassinoides* apareix típicament a la seva base.

INTERPRETACIÓ: Aquesta icnofàbrica correspon a un medi de badia amb sedimentació normal argilosa interrompuda per aports arenosos depositats ràpidament. En relació als dipòsits resultants d'aquests episodis es pot diferenciar una associació predeposicional (amb *Skolithos* i *Palaeophycus*) i una postdeposicional (constituïda per *Phycosiphon*, *Planolites* i *Thalassinoides*). Aquesta última presentaria una estructuració ecològica vertical en dos nivells, el superior constituït per sedimentívors vàgils oportunistes (*Phycosiphon* i *Planolites*) i l'inferior ocupat per galeries de detritívors (*Thalassinoides*).

- ICNOFÀBRICA 11. Icnofàbrica de *Phycosiphon-Sinusichnus*

APARICIONS: A El Tarc (Baix Llobregat).

DESCRIPCIÓ: La fàcies que allotja aquesta icnofàbrica és molt similar a l'anterior. Els icnofòssils reconeguts són *Sinusichnus* i petits caus en Y, J i suaument espirals (localment molt abundants) a sota dels nivells de sorres, *Phycosiphon* i *Scalarituba* (el segon molt menys freqüent) a sostre i alguns *Thalassinoides* a la base.

INTERPRETACIÓ: Com en el cas de la icnofàbrica anterior és possible reconèixer una associació predeposicional (*Sinusichnus* i els petits caus) i una postdeposicional estructurada en dos nivells (*Phycosiphon-Scalarituba* i *Thalassinoides*). L'absència de *Skolithos*, molt abundant a la icnofàbrica 10, fa pensar en unes condicions una mica més estables i de energia menor per a aquesta icnofàbrica.

- ICNOFÀBRICA 12. Icnofàbrica de *Scalarituba-Laminites*

APARICIONS: A Can Albareda i Torrent del Terme (Baix Llobregat).

DESCRIPCIÓ: Correspon a fàcies d'argiles i sorres similars a les dues precedents. La intensitat de bioturbació és baixa (B.I. 2). Les argiles inclouen només alguns caus horitzontals i rarament *Scalarituba*. Els nivells de sorres contenen abundants *Scalarituba* associades a *Phycosiphon* a sostre i estructures d'equínids (*Laminites/Cardioichnus*) a base.

INTERPRETACIÓ: Com en les dues icnofàbriques anteriors l'associació postdeposicional es troba estratificada amb, en aquest cas, *Scalarituba* i *Phycosiphon* al nivell superior i estructures d'equínids al inferior. La presència d'estructures d'equínids és indicativa de condicions marines normals per a aquesta icnofàbrica, en contrast amb les dues anteriors. Això és coherent amb la posició més distal dins de la conca dels afloraments on s'ha reconegut aquesta icnofàbrica.

COMPARACIONS: L'icnofàbrica 12 és molt similar a les icnofàbriques 10 i 11, tant pel que fa als aspectes sedimentològics com per l'estructuració de les traces fòssils en relació als nivells de sorres. Aquestes associacions guarden certes similituds amb la icnocenosi de *Taenidium* descrita per Dam (1990) per dipòsits de plataforma interna del Juràssic de Groenlàndia. Aquesta associació la constitueixen traces de sedimentívors vàgils (*Taenidium*, *Gyrochorte*, *Curvolithus*) que colonitzen nivells sorrencs d'origen tempestífic.

- ICNOFÀBRICA 13. Icnofàbrica de *Phycosiphon-Palaeophycus*

APARICIONS: Als llims sorrencs de Saint Isidore (Var)

DESCRIPCIÓ: Aquesta icnofàbrica es desenvolupa en llims alternants amb prims (menys de 10 cm) nivells de sorres. La bioturbació és generalitzada (B.I. 4-5), trobant-se les estructures sedimentàries (laminacions paral·leles i encreuades) restringides als nivells de sorra. La bioturbació es troba dominada per *Phycosiphon*, *Palaeophycus* i *Teichichnus*. Altres constituents de l'icnofàbrica són *Scalarituba*,

Diplocraterion, *Skolithos*, *Thalassinoides*, *Sinusichnus*, *Scolicia* i rarament cf. *Rosselia*. Alguns d'aquests taxons apareixen especialment en determinades posicions. *Sinusichnus* i *Scolicia* apareixen generalment a sostre dels nivells de sorres, mentre que *Skolithos* i *Thalassinoides* acostumen a trobar-se a sota de nivells conglomeràtics o de sorres grolleres reomplerts per aquest tipus de sediment. Aquestes aparicions estan relacionades més amb aspectes tafonòmics que ecològics. *Thalassinoides* pot presentar en alguns casos rebioturbació amb *Phycosiphon*. Aquest últim taxó, de la mateixa manera que *Scalarituba*, es troba sovint bioturbant els sostres dels nivells de sorres o formant horitzonts en relació a nivells molt primers de sorres.

INTERPRETACIÓ: L'elevada diversitat i intensitat de bioturbació suggereixen un medi marí obert, però el petit tamany de la majoria de les traces, així com la poca complexitat de les mateixes i les freqüents aparicions oportunistes d'alguns taxons suggereixen un medi poc estable. Això és coherent amb la sedimentologia. Els llims sorrencs de Saint Isidore van ser depositats en condicions francament marines i d'una certa profunditat, però en un context inestable, al front d'un sistema deltaic encaixat. La sedimentació dels llims per corrents de fons o turbidesa distals no va permetre la instal·lació d'organismes molt especialitzats. La deposició dels nivells arenosos produïa la defaunització del fons que era ràpidament colonitzat per excavadors sedimentívors subsuperficials.

COMPARACIONS: L'icnofàbrica 13 presenta certa similitud amb la icnofàbrica 5 d'*Anconichnus* de Goldring *et al.* (1991) que inclou *Anconichnus* (= *Phycosiphon*), *Teichichnus*, *Thalassinoides*, *Phoebichnus*, *Palaeophycus*, *Rhizocorallium*, *Cylindrichnus*, *Diplocraterion* i *Planolites* en llims sorrencs intensament bioturbats (B.I. 5-6). *Anconichnus* sovint apareix en relació a sorres com a traça oportunista. Correspon a un medi d'*offshore* superior a *shoreface* inferior. Una associació similar es coneix del Carbonífer de U.S.A. (Bjerstedt 1988) en argiles llimoses de bon temps incloent *Helminthopsis*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Phycosiphon*, *Scalarituba*, *Zoophycos* i *Scolicia*. Aquesta associació es troba en medis de ventall profund i plataforma externa comparables amb els del ventall deposicional del Var.

Icnofàbriques en sorres

ICNOFÀBRICA 14. Icnofàbrica de *Skolithos* amb laminació primària.

APARICIONS: A la Unitat lutíico-sorrenca superior a Sant Onofre (Baix Ebre).

DESCRIPCIÓ: Es tracta d'una icnofàbrica desenvolupada en sorres amb estructures internes d'origen predominantment hidrodinàmic. La bioturbació és poc important (B.I. 1-2) i poc diversa. Alguns *Skolithos* i estructures d'escapament són les úniques

traces fòssils presents. Les estructures sedimentàries són laminacions i estratificacions encreuades.

INTERPRETACIÓ: Correspon a medis molt energètics només habitats per alguns organismes que ocupen caus verticals com a protecció de la inestabilitat del fons. La contínua agradació va fer que alguns organismes quedessin enterrats i donguessin lloc a pistes d'escapament. Aquestes condicions corresponen en el cas de Sant Onofre a una barra sorrenca en un ambient de badia.

COMPARACIONS: L'icnofàbrica 3 de Pollard *et al.* (1993) inclou *Ophiomorpha* en sorres corresponent a barres estuarines del Mesozoic i Eocè d'Anglaterra. aquesta icnofàbrica guarda certa similaritat amb la nostra icnofàbrica 14, però en lloc d'*Ophiomorpha*, *Skolithos*, una altra estructura d'habitació, és la traça dominant.

- ICNOFÀBRICA 15. Icnofàbrica de *Skolithos* amb motejat

APARICIONS: A la Unitat luffitico-sorrenca inferior a Sant Onofre (Baix Ebre) i a Sant Miquel-Sant Mori (Alt Empordà).

DESCRIPCIÓ: Aquesta icnofàbrica correspon a sediments sorrencs on les estructures sedimentàries són pràcticament absents. La tasa de bioturbació és elevada (B.I. 4-5) però la major part correspon a un motejat poc definit que afecta extensivament aquests dipòsits. Com a estructures conspícues, a part de rars *Palaeophycus*, les úniques traces freqüents són *Skolithos*. Aquestes sorres poden contenir alguna fauna, especialment ostreïds i pectínids.

INTERPRETACIÓ: La presència de caus verticals i el caràcter sorrenc del sediment indica unes condicions d'elevada energia per a aquesta icnofàbrica. D'altra banda, el motejat indica que la comunitat endobentònica del nivell més som de bioturbació tenia l'oportunitat de produir una total bioturbació, el que suggereix que l'energia era moderada i/o els aports discontinus. Això és coherent amb un ambient de *shoreface*.

COMPARACIONS: Una icnofàbrica amb similar significació és la d'*Ophiomorpha* i *Planolites* amb motejat (icnofàbrica 1) de Pollard *et al.* (1993). Aquesta icnofàbrica es dona en *shorefaces* sorrencs i presenta un elevat índex de bioturbació (B.I. 5-6). En la nostra icnofàbrica 15, *Skolithos* ocuparia el lloc d'*Ophiomorpha*.

- ICNOFÀBRICA 16. Icnofàbrica d'*Ophiomorpha*

APARICIONS: A El Papiol (Baix Llobregat).

DESCRIPCIÓ: Aquesta icnofàbrica es dona en sorres on dominen les estructures sedimentàries constituïdes per laminacions paral·leles i encreuades. El principal constituent biogènic és *Ophiomorpha* que es presenta amb configuracions poc

complexes i dispersa. L'índex de bioturbació és al voltant de 1-2. En alguns casos poden aparèixer nivells de *Macaronichnus* i ocasionalment *Skolithos*.

INTERPRETACIÓ: El domini d'*Ophiomorpha* posa de manifest el caràcter som de la icnofàbrica. Es tractaria d'un ambient d'elevada energia que impediria la instal·lació d'una fauna bentònica capaç de destruir la laminació. Concretament correspon a canals submarins de la zona proximal de la ria del Baix Llobregat.

COMPARACIONS: Icnofàbriques similars són descrites per Pollard *et al.* (1993) com a icnofàbriques amb *Macaronichnus* i *Ophiomorpha* amb laminació primària. En aquesta icnofàbrica, com a la reconeguda a El Papiol, dominen les estructures sedimentàries tallades per caus tipus *Ophiomorpha* i amb primers nivells fortament bioturbats amb *Macaronichnus*. Malgrat això, la interpretació que aquests autors donen, dunes submareals en zones obertes, no coincideix amb la de canals proximals d'El Papiol.

- ICNOFÀBRICA 17. Icnofàbrica de *Phycosiphon* amb laminació primària.

APARICIONS: En alguns trams sorrencs de la unitat conglomeràtica a Saint Isidore (Var).

DESCRIPCIÓ: Es tracta d'una icnofàbrica dominada per la presència de laminació d'origen hidrodinàmic (B.I. 1). Les traces fòssils són molt rares i apareixen molt disperses. Es tracta de *Phycosiphon*, estructures d'equínids (*Scolicia* i *Laminites*) i *Planolites*. Aquest últim apareix en petits nivells argilosos.

INTERPRETACIÓ: Les fàcies que contenen aquesta icnofàbrica corresponen a un canal dintre del ventall de la conca del Var. L'elevada energia deposicional no afavoreix la vida bentònica i comporta una bioturbació molt poc important.

• Discussió

Pràcticament totes les icnofàbriques descrites presenten un caràcter molt local. Això és conseqüència de la gran variabilitat existent entre les conques que es troben separades entre sí i tenen les seves peculiaritats paleogeogràfiques, sedimentàries i paleoambientals. D'altra banda, el caràcter marginal de les mateixes fa que en alguns casos (Baix Ebre, Baix Llobregat) les icnofàbriques estiguin restringides a una única secció o aflorament.

La representació gràfica de les icnofàbriques en un diagrama Icnodiversitat/Índex de bioturbació (fig. 61) permet realitzar algunes consideracions interessants. Tres grups ben definits d'icnofàbriques poden ser reconeguts:

El primer (grup I) correspon a icnofàbriques monospecífiques amb elevat índex de bioturbació, desenvolupades en sediments argilosos. Inclou les icnofàbriques

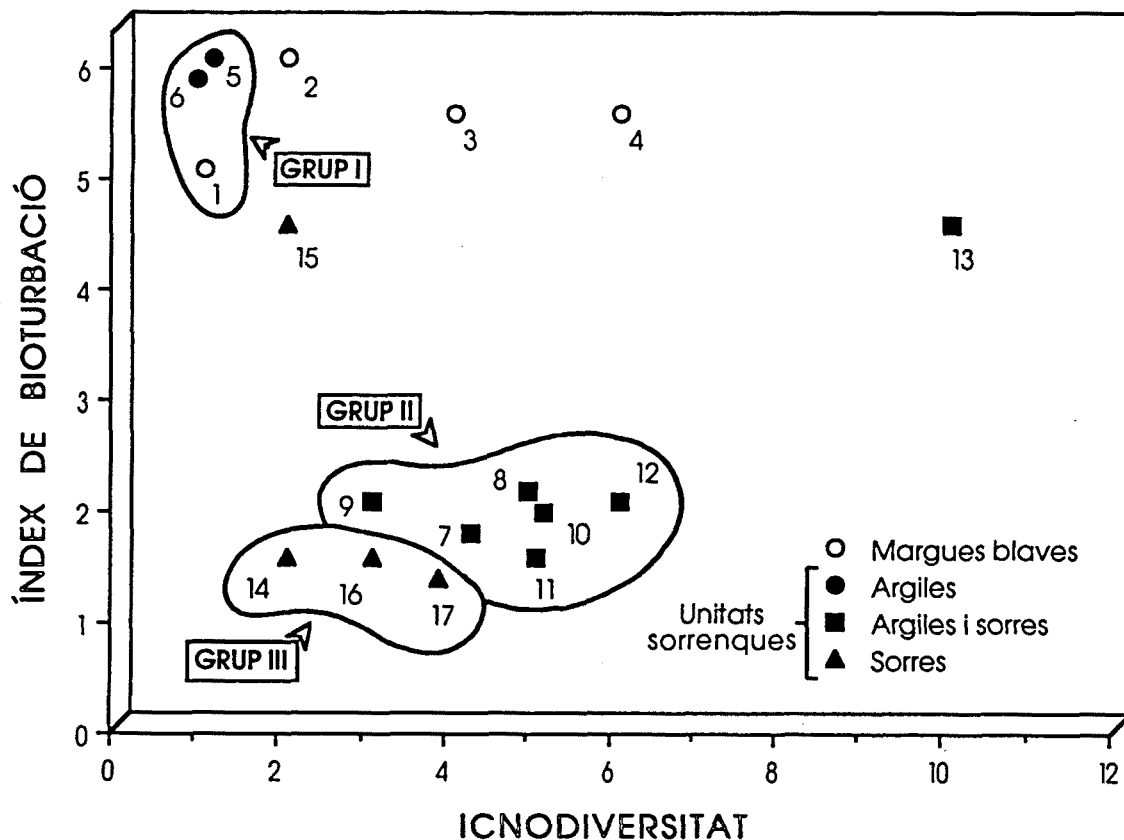


Figura 61. Diagrama representant les 17 icnofàbriques descrites en funció de la seva icnodiversitat (mesurada en número d'icnogèneres) i el seu índex de bioturbació (*sensu* Taylor & Goldring 1993).

Figure 61. The seventeen described ichnofabrics in an ichnodiversity (number of ichnogenera)/bioturbation index (*sensu* Taylor & Goldring 1993) graphic.

monospecífiques de *Phycosiphon* (1), *Teichichnus* (5) i *Scalarituba* (6). Totes elles corresponen a medis molt somers, restringits amb salinitats baixes i són resultat de l'activitat d'organismes sedimentívors oportunistes amb gran tolerància ambiental. Les altres icnofàbriques en argiles (icnofàbriques 2, 3 i 4: *Thalassinoides* amb reompliment bioclàstic; *Planolites* amb *Thalassinoides* i *Teichichnus*; i *Diplocraterion* i estructures amb envans) presenten també elevada tasa de bioturbació, però diversitats variables. De les tres, la icnofàbrica 4 que correspon a la conca més profunda i marina (Var) és la que mostra una diversitat més alta.

El grup II inclou icnofàbriques en sediments argilosos i sorrencs amb baixa bioturbació i diversitat baixa a moderada*: icnofàbriques de caus en J (7), de *Sinusichnus* (8), de *Teichichnus-Fugichnia* (9), de *Phycosiphon-Skolithos* (10), de *Phycosiphon-Sinusichnus* (11) i de *Scalarituba-Laminites* (12). Totes elles corresponen

* Els termes diversitat baixa, moderada i alta són utilitzats en relació amb els valors que apareixen a les conques estudiades.

a medis somes de badia a les conques del Baix Ebre i Baix Llobregat, amb tasa de sedimentació important i aports de sorres turbidífiques. En algunes d'elles (10, 11 i 12) es reconeixen associacions icnològiques pre i postdeposicionals. En general, dominen les estructures de sedimentívors i detritívors i els caus d'habitació. Només una de les icnofàbriques de sediments alternants lutítics-sorrencs no pertany a aquest grup. Es tracta de la icnofàbrica de *Phycosiphon-Palaeophycus* (13) que mostra bioturbació quasi total i diversitat alta. Aquesta icnofàbrica correspon a la ria profunda de Var.

Finalment, el tercer grup (grup III) inclou les icnofàbriques 14 (*Skolithos* amb laminació primària), 16 (*Ophiomorpha*) i 17 (*Phycosiphon* amb laminació primària). Totes corresponen a substrats sorrencs amb fàbrica dominantment d'origen hidrodinàmic. L'índex de bioturbació és baix i la diversitat també. Corresponen a ambients d'elevada energia, poc favorables per als organismes bioturbadors i amb erosió freqüent que pot eliminar les estructures biogèniques superficials (barres sorrenques i canals). A les icnofàbriques 14 i 16 (corresponents a les conques somes del Baix Ebre i del Baix Llobregat) dominen les estructures d'habitació, mentre que a la 17 (ria profunda del Var) les rares traces presents són de sedimentívors. L'icnofàbrica 15 (*Skolithos* amb motejat) correspon també a sediments sorrencs però amb fàbrica dominantment biogènica. Això és resultat d'unes condicions energètiques més moderades.

Analizant les icnofàbriques corresponents a cada tipus de sedimentació (argilosa, mixta o sorrenca) es pot observar que en cada grup les icnofàbriques amb major diversitat són les descrites a la conca del Var que presenta un caràcter relativament més profund en contrast amb les altres conques.

3.8.3. El registre icnològic. Bioerosió

La bioerosió en les conques pliocenes de la Mediterrània nord-occidental es troba fonamentalment en relació a paleopenyasegats, dipòsits conglomeràtics, superfícies d'enduriment i conquilles (taula XI). Aquest últim cas no serà tractat aquí ja que té més a veure amb problemes de coacció entre espècies que amb factors paleoambientals. A més a més, és un tema que ha estat tractat àmpliament per altres autors (Martinell & Marquina 1980, Martinell *et al.* 1982, Hoffman & Martinell 1984).

• Bioerosió als paleopenyasegats

Allà on els dipòsits marins pliocens s'instal·len sobre substrat rocós pre-Pliocè es desenvolupen en molts casos penyasegats fòssils on les estructures bioerosives poden ser molt importants associades a restes esquelètiques d'organismes

incrustants. Aquestes superfícies de bioerosió són sovint força extenses i es troben relacionades amb la transgressió zancleana. La proliferació de penyasegats fòssils a les conques estudiades té molt a veure amb la seva peculiar història geològica i al seu caràcter marginal (fig. 62). Durant el Messinià, la important davallada del nivell del mar que va tenir lloc va produir una erosió molt important als marges de la Mediterrània que va fer aflorar el substrat rocós. La posterior transgressió zancleana va envair aquest paleorelleu rocós fet que permetia la seva colonització per organismes endo i epilítics.

Penyasegats fòssils han estat reconeguts a les conques del Baix Ebre, Baix Llobregat, Alt Empordà, Orb i Var (Martinell *et al.* 1995). També es coneixen a la conca del Rhône (Ballesio 1972, Clauzon com. oral). Quasi tots ells es van desenvolupar en substrats carbonatats: conglomerats calcaris miocens al Baix Ebre, calcàries esculloses miocenes i pissarres carbonàtiques paleozoiques al Baix Llobregat, calcàries eocenes i cretàciques a l'Alt Empordà, travertins messinians a l'Orb i calcàries juràsiques al Var. Només al Baix Llobregat es coneixen paleopenyasegats en pissarres silíciques paleozoiques.

El component més important de l'associació icnològica és sempre *Gastrochaenolites* (del qual s'han reconegut dues espècies *lapidicus* i *torpedo*), icnogènere que està present en totes les conques on s'han reconegut paleocostes rocoses. Sovint apareix en altes densitats. Les espècies de bivalves que actualment produeixen similars perforacions viuen en profunditats des de 0 a poques desenes de metres, però apareixen en gran nombre especialment en zones molt somes (Bromley & D'Alessandro 1990, Bromley & Asgaard 1993, Martinell & Domènech 1995). Juntament amb *Gastrochaenolites*, *Entobia* és també un constituent principal. Aquest icnogènere atribuït a esponges també és típic d'aigües somes. Altres traces que també poden ser presents són *Caulostrepsis* (Baix Llobregat, Alt Empordà), *Maeandropolydora* (Baix Llobregat, Alt Empordà, Var), *Trypanites* (Baix Llobregat, Alt Empordà, Var) i cubetes d'equínids (Alt Empordà). Associades a totes aquestes traces són freqüents i sovint molt abundants les restes esquelètiques d'organismes epilítics incrustants principalment ostreïds i pectínids (*Hinnites*) i també serpúlids i cirrípedes. Aquests organismes incrustants sovint presenten perforacions tipus *Entobia*, *Maeandropolydora*, *Caulostrepsis* i estructures atribuïbles a briozous. També en relació als penyasegats són freqüents els blocs i còdols intensament perforats.

El conjunt icnològic i faunístic posa de manifest el caràcter clarament litoral d'aquests penyasegats. L'associació *Gastrochaenolites-Entobia* que els caracteritza és molt típica de paleocostes rocoses al Neogen i Quaternari d'arreu del

món i ha estat proposada per Martinell & Domènech (1995) com una icnocenosi recurrent pròpia d'aquests ambients.

<i>Gastrochaenolites lapidicus</i>	P	C	H	•	•
<i>Gastrochaenolites torpedo</i>	P	C	•	•	•
<i>Entobia</i>	P	C	H	S	•
<i>Trypanites</i>	P	C	•	S	•
<i>Maeandropolydora</i>	P	C	•	S	•
<i>Caulostrepsis</i>	P	C	•	S	•
Cubetes d'equínids	P	•	•	•	•
Perforacions de briozous	P	•	•	S	•
<i>Gnathichnus pentax</i>	•	•	•	S	•
<i>Podichnus centrifugalis</i>	•	•	•	S	•
<i>Centrichnus eccentricus</i>	•	•	•	S	•
<i>Oichnus simplex</i>	•	•	•	S	•
<i>Oichnus paraboloides</i>	•	•	•	S	•
Estructures de duròfags	•	•	•	S	•
<i>Teredolites</i>	•	•	•	•	W

Taula XI. Les estructures de bioerosió reconegudes a les conques estudiades i el tipus de substrat que ocupen. P. paleopenyasegat, C. dipòsits conglomeràtics. H. superfícies d'enduriment, S. conquilles, W. fusta.

Table XI. The bioerosion structures recognized in the studied basins indicating the kind of hosting substrate. P. paleocliff, C. conglomerates, H. hardground, S. shells, W. wood.

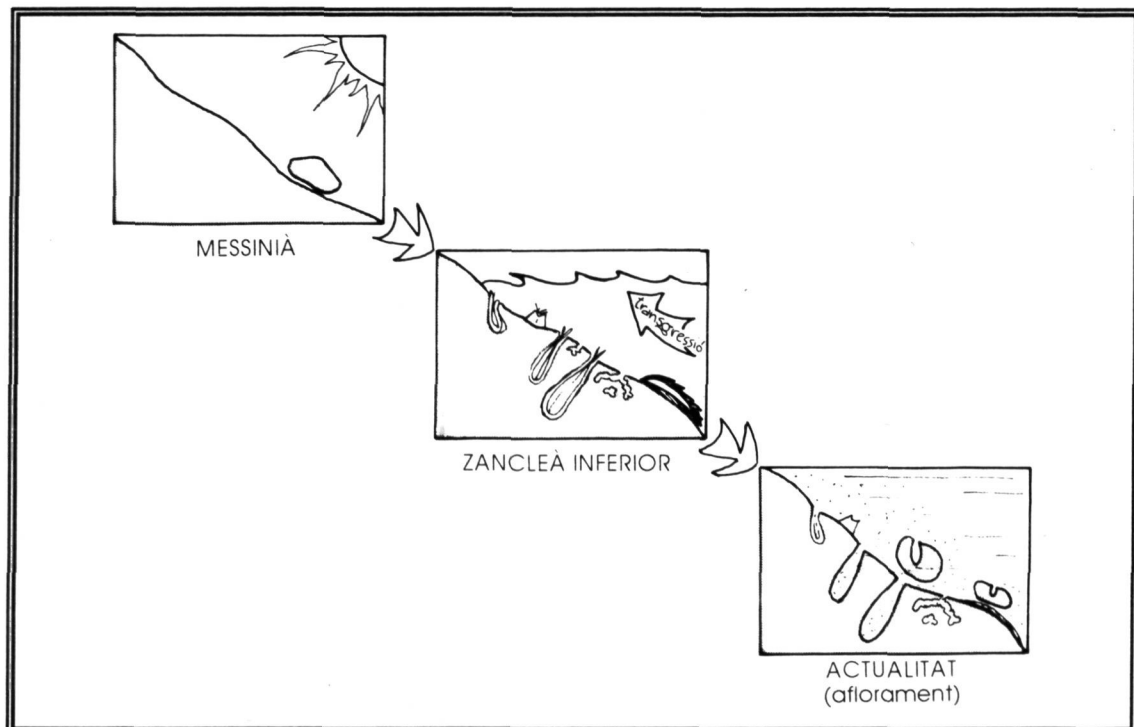


Figura 62. Diagrama mostrant la formació de paleopenyasegats pliocens en les conques estudiades. veure explicació en el text.

Figure 62. History of the formation of the Pliocene paleocliffs of NW Mediterranean. First, the Messinian regression exposed the rocky substrate. The later Zanclean transgression flooded it, allowing the colonization by marine borers and encrusters, posteriorly fossilized by the marine Pliocene sediments.

En general no s'observa cap mena d'ordenació de les traces en els afloraments. Només a Viladamat (Alt Empordà) es poden fer algunes observacions en aquest aspecte. Es pot reconèixer una clara zonació vertical dels icnofòssils amb tres horitzons constituïts de dalt a baix per cubetes d'equínids, *Gastrochaenolites* i *Entobia*. L'existència d'aquesta zonació indica un moment d'estabilitat degut a una aturada en la transgressió. El fet que no es coneixin dipòsits marins pliocens per sobre d'aquest aflorament suggereix que representa el màxim transgressiu a la conca de l'Alt Empordà. Si no es donés aquesta situació estable, la sobreimposició d'estructures destruiria qualsevol possible zonació vertical de manera que només les estructures més profundes (en aquest cas els *Gastrochaenolites*) quedarien ben preservades. Això és el que succeeix en la majoria dels afloraments. D'altra banda l'horitzó de cubetes d'equínids indica molt probablement el nivell 0 del mar, ja que les espècies actuals d'equínids regulars assoleixen el seu màxim en zones molt somes (Martinell 1981b).

• Bioerosió en dipòsits conglomeràtics

Els dipòsits conglomeràtics que corresponen a zones litorals de *foreshore* -Baix Ebre, Alt Empordà (Ciurana, Olivets)- mostren una abundant bioerosió amb *Gastrochaenolites*, *Entobia*, *Trypanites*, *Maeandropolydora* i *Caulostrepsis*. L'associació icnològica és molt similar a la dels paleopenyasegats. Les estructures bioerosives normalment es localitzen en tota la superfície dels còdols indicant una contínua removilització. També es presenten molt perforats els clastes d'alguns nivells conglomeràtics inclosos a les margues blaves al Baix Llobregat encara que la bioerosió probablement va tenir lloc en zones més litorals prèvies a l'emplaçament definitiu dels clastes. D'altra banda, a les unitats conglomeràtiques corresponents a *fan deltas* o dipòsits similars -Baix Llobregat (Plaça de les Bruixes), Alt Empordà (Viladamat), Rosselló- la bioerosió és rara o absent. Això es degut al menor període de residència dels clastes en el fons per l'elevada taxa de sedimentació d'aquests ambients.

• Bioerosió en superfícies d'enduriment

L'única superfície clara d'enduriment s'ha reconegut a Els Olivets (Alt Empordà). Es troba desenvolupada sobre conglomerats. Aquests presenten els còdols perforats, però també hi han perforacions que afectant al conglomerat com un conjunt, tant còdols com matriu (fig. 38). Per tant es poden diferenciar dos conjunts de traces: una pre-enduriment afectant només als còdols i una altra post-enduriment afectant a còdols i matriu. Els dos conjunts estan constituïts per *Gastrochaenolites* i *Entobia* fet que indica les condicions de formació litorals d'ambdós. El procés d'enduriment ha

de ser relacionat amb petites oscil·lacions del nivell del mar incloent un petit període d'emersió.

A Cessenon (Orb) es reconeix una superfície amb incipients perforacions indicant una certa consistència del substrat, originada probablement també per emersió, però en aquest cas no es tracta d'una veritable superfície d'enduriment.

4. ICNOLOGIA SISTEMÀTICA

4. ICNOLOGIA SISTEMÀTICA

En aquest capítol es desenvolupa la part sistemàtica del treball. La sistemàtica s'ha limitat a les estructures de bioturbació. Les estructures de bioerosió en molts casos necessiten d'unes tècniques concretes, especialment pel que fa a la classificació específica, i el seu estudi taxonòmic detallat queda més enllà dels objectius d'aquest treball. Aquest capítol no pretén ser exhaustiu. Només s'han descrit formalment algunes estructures per ser les més abundants, millor preservades o més característiques. La resta han estat objecte de curtes descripcions en cada un dels capítols corresponents a cada conca.

En icnologia, rarament s'utilitzen taxons de rang superior a l'icnogènere (veure apartat 1.2.2). Això fa que la seva ordenació no pugui ser feta segons criteris de jerarquia taxonòmica. Alguns autors adopten un ordre simplement alfabètic en les descripcions sistemàtiques que no aporta res d'interés. Una agrupació en funció a criteris zoològics (organismes productors) o etològics inclou una important dosi interpretativa, especialment en el primer cas. Aquí hem adoptat una ordenació fonamentalment morfològica, encara que amb certes implicacions de tipus etològic, en la línia d'altres autors com Lessertisseur (1955), Ksiazkiewicz (1977) o Uchman (1995). La classificació utilitzada aquí podria ser una altra, però aquesta s'adapta bé a les nostres necessitats.

4.1. Traces de locomoció superficials

Dintre d'aquest grup s'inclouen les pistes simples del Baix Ebre i el Baix Llobregat, les pistes bilobades del Baix Ebre i els rastres de tetràpodes del Baix Llobregat. Les dues primeres són molt simples i rares. Els rastres de tetràpodes pel seu caràcter inusual i més complex són àmpliament descrites.

Rastres de tetràpodes

lám. 2B, fig. 63

1992 Rastres discrets de tetràpodes. GIBERT p. 66-67, fig. 25, lám 10 fig. B.

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: A Plaça de les Bruixes (Baix Llobregat)

DESCRIPCIÓ: Petjades de tetràpode petites (1.7-2.2 cm) i moderadament amples (1-1.6 cm). Les empremtes apareixen aparellades i els parells es troben disposats alternativament en dues fileres paral·leles. Les parelles representen les petjades del peu i la mà. Ambdues empremtes són molt similars, si bé la davantera és

lleugerament major. Es troben preservades com hiporelleus concaus i com epirelleus convexos. En cada petjada es reconeixen tres impressions digitals, rectes i centrades. Les dues laterals són de longitud similar, mentre que la central és una mica més llarga. Són molt estretes degut al tancament del fang posteriorment a la formació de la traça. El contorn de la palma no està ben definit sinó que existeix una zona deprimida subcircular que pot incloure la part més proximal de les impressions dels dits. Les empremtes de les extremitats davanteres i posteriors no es superposen mai, ni tan sols parcialment. L'amplitud de pas (*width of pace*) és estreta (3 cm). La longitud de pas (*pace*) oscil·la entre els 5 i 6 cm, mentre que la gambada (*stride*) fa uns 10 cm. L'angle de pas (*step angle*) varia poc al voltant dels 130°. Es disposa de dos rastres compostos per 8 i 4 empremtes individuals, i algunes petjades aïllades.

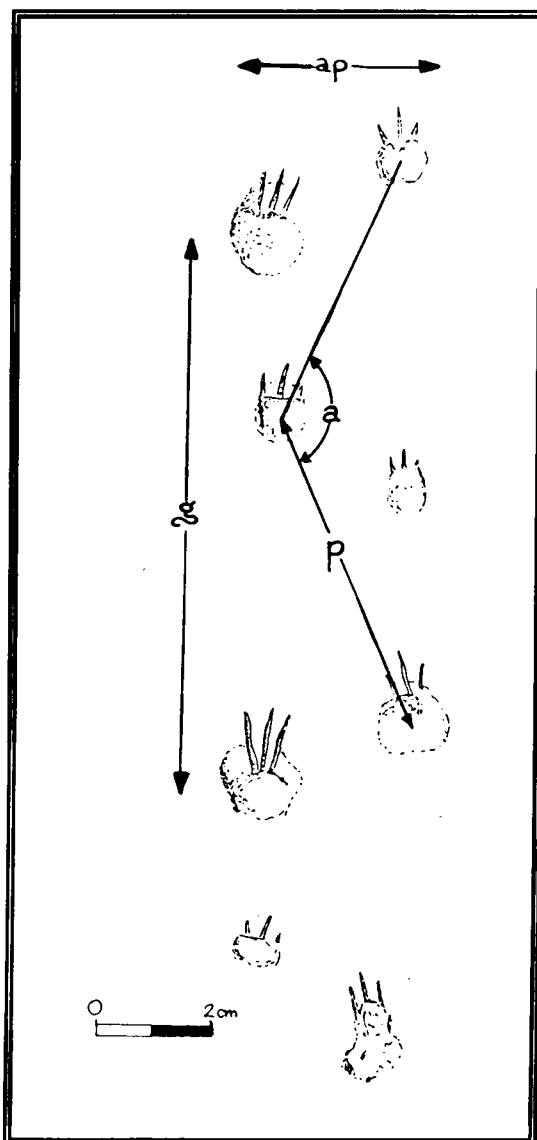


Figura 63. Rastre de mamífers tetràpodes de la Plaça de les Bruixes (Baix Llobregat) amb indicació de les diferents mesures utilitzades a la descripció: ap. amplada de pas, p. longitud de pas, g. gambada, a. angle de pas.

Figure 63. Trackway attributed to a tetrapod mammal from Plaça de les Bruixes (Baix Llobregat). ap. width of pace, p. pace, g. stride, a. step angle.

DISCUSSIÓ PALEOBIOLÒGICA I PALEOAMBIENTAL: Segons Broin, Gasc i Heyler del Museu d'Història Natural de París (*in* Martinell & Marquina 1984) aquests rastres corresponen a pistes de galop de petits mamífers corresponent com a mínim a dos taxons diferents. Les característiques del rastre corresponen clarament al caminar d'un tetràpode. Això implicaria la desaparició de la làmina d'aigua encara que no hi ha cap altre tipus d'evidència per aquest fet. És possible que la làmina d'aigua no desapareixi, sinó que quedés reduïda a uns pocs centímetres (menys que l'alçada de l'animal). En aquest cas la flotació parcial de l'organisme explicaria la poca profunditat de l'empremta del peu en relació amb les incisives marques dels dits. El fet de que només les empremtes dels dits hagin quedat ben impreses i que a la part posterior apareixi un petit monticle podria indicar que es tractés de rastres de seminatació.

4.2. Estructures d'habitació simples

Aquest grup reuneix diferents icnofòssils caracteritzats per la seva simplicitat estructural: *Skolithos linearis* (Baix Ebre, Baix Llobregat, Alt Empordà, Rosselló, Rhône i Var), *Palaeophycus* (Baix Ebre, Baix Llobregat, Orb i Var), caus en J i U (Baix Ebre), caus en J, Y i espirals (Baix Llobregat) i *Psilonichnus tubiformis* (Rhône). De tots ells *Skolithos linearis* és el més abundant.

Skolithos Haldeman 1840

DIAGNOSI: Caus rectilinis i subcilíndrics, senzills i perpendiculars a l'estratificació.

Skolithos linearis Haldeman 1840

lãm. 2D

1974 *Skolithos linearis*. ALPERT p. 663.

1985 *Skolithos linearis*. CURRAN p. 268, Pl. 1 fig. A.

1985 *Skolithos linearis*. FREY & HOWARD p. 391, figs. 8.2, 10.2.

1992 *Skolithos linearis*. GIBERT p. 35-37, lãm. 6 fig. A.

DIAGNOSI: Caus cilíndrics a subcilíndrics, rectes a lleugerament corbats, verticals a fortament inclinats, amb o sense revestiment (lleugerament modificat d'Alpert 1974).

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: A Sant Onofre (Baix Ebre), a El Papiol, Pic d'en Valls i Sant Vicenç dels Horts (Baix Llobregat), a Sant Miquel-Sant Mori (Alt Empordà), a Pichegu (Rhône) i a Saint Isidore (Var).

DESCRIPCIÓ: Aquest taxó és el més àmpliament distribuït a les conques pliocenes de la Mediterrània nord-occidental. És present en cinc d'elles encara que a les conques franceses la seva aparició és testimonial. Al Baix Ebre i Alt Empordà, *S. linearis* apareix en substrats sorrencs. Són caus força rectilinis de diàmetre al voltant de 0.8 cm amb un prim revestiment que no ha quedat preservat però és identificable per la presència d'un espai buit entre el reompliment del cau i el sediment que l'allotja. La longitud dels caus rarament és major de 30 cm, encara que en cap cas s'han reconegut obertures i/o acabaments per poder determinar la longitud total. Al Baix Llobregat, en canvi, la majoria dels exemplars de *Skolithos* apareixen en sediments argilosos. A diferència que els descrits abans, en aquest cas sediment encaixant i reompliment són diferents litològicament. El reompliment és sorrenc i es troba relacionat amb els nivells sorrencs de deposició ràpida (tempestites i/o turbidites). Els exemplars del Baix Llobregat tenen un diàmetre variable entre 0.5 i 2 cm i longituds des de 10 cm fins a 1 m. En alguns casos poden no ser perfectament rectilinis, sinó presentar algunes ondulacions. El contrast litològic ha afavorit en molts casos els processos diagenètics en el límit del cau. Així, molts exemplars presenten un revestiment limonític normalment de pocs mm però que en alguns casos pot arribar a 2 cm i presenta un aspecte extern irregular que ha portat a alguns autors a considerar-los com a *Ophiomorpha nodosa* (Gibert 1992, Gibert & Martinell 1993, 1995). També en alguns casos l'efecte diagenètic es manifesta per l'existència d'una aureola de color més groguenc que el sediment encaixant i amb una certa laminació concèntrica que ha recordat a alguns autors a *Rosselia socialis* (Gibert 1992, Gibert & Martinell 1993, 1995).

DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: *Skolithos* és morfològicament molt simple de manera que hi ha poca confusió possible, pel que fa al nivell icnogenèric. Malgrat això, han estat proposats taxons per a caus verticals simples, diferents de *Skolithos* essencialment només pel grau d'espaiament (*Tigillites* Ronault, *Sabellarifex* Richter, *Stipsellus* Howell, veure descripcions a Häntzschel 1975). Tots ells van ser considerats per Alpert (1974) com a sinònims sèniors.

El gènere *Monocraterion* Torell es diferencia de *Skolithos* únicament per la presència d'una obertura en forma d'embut en el primer. Malgrat que *Monocraterion* és un terme molt freqüentment utilitzat a la literatura, la morfologia de l'obertura no sembla un caràcter taxonòmic prou significatiu ja que l'obertura en molts casos no hi és present per erosió o meteorització, i a més a més pot estar fortament relacionada amb les característiques del substrat. En cas que ambdós gèneres fossin considerats sinònims, la prioritat correspondria a *Skolithos*.

Diverses icnospècies han estat descrites per a *Skolithos* (Alpert 1974). Malgrat això, la immensa majoria d'aparicions de l'icnogènere corresponen a *Skolithos linearis*. Les altres espècies es troben en general pobrament definides. Els exemplars que s'han estudiat aquí encaixen bé dintre de les característiques de l'icnospècie *linearis*.

DISCUSSIÓ PALEOBIOLÒGICA I PALEOAMBIENTAL: La simplicitat estructural de *Skolithos* dona poques claus sobre quin pot ser l'organisme productor. Són diversos els grups d'organismes que viuen actualment en caus verticals. En medis marins, els més típics productors de *Skolithos* són anèl·lids i foronis suspensívors (Alpert 1974, Häntzschel 1975).

Skolithos apareix típicament en ambients arenosos, d'energia elevada i sovint litorals. La seva freqüència en aquests ambients va dur a Seilacher (1962) a definir la icnofàcies de *Skolithos*. Malgrat això, també pot aparèixer en altres condicions i sovint es constitueix fonamental de les associacions postdeposicionals en dipòsits sorrencs episòdics turbidítics o tempestítics (Vossler & Pemberton 1988).

A les aparicions del Pliocè mediterrani, *Skolithos* es troba en relació a sorres litorals o sublitorals, en condicions d'energia elevada a moderada a l'Alt Empordà i al Baix Ebre. Al Baix Llobregat apareix en les argiles de la part proximal de la ria assenyalant les condicions inestables i energètiques.

4.3. Sistemes de galeries

Thalassinoides, *Ophiomorpha* i *Sinusichnus* són els tres gèneres que constitueixen aquest grup. Els tres es caracteritzen per ser sistemes de galeries amb ramificacions.

***Ophiomorpha* Lundgren 1891**

DIAGNOSI: Sistemes de galeries simples o complexos amb revestiment constituït per sediment pel·letoidal aglutinat. El revestiment és més o menys llis interiorment i exteriorment presenta un aspecte tuberculat dens o espatat. Els pèl·lets individuals o les masses pel·letoidals poden ser de morfologia discoidal, ovoide, mastoide, bilobulada o irregular. Les característiques del revestiment poden variar dins d'un mateix exemplar (Frey *et al.* 1978).

***Ophiomorpha nodosa* Lundgren 1891**

- 1969 *Ophiomorpha nodosa*. KENNEDY & MACDOUGALL p. 460-468, text-fig. 1, pl. 87-88.
- 1974 *Spongeliomorpha nodosa*. FÜRSICH p. 19-21 figs. 3b, 15.
- 1974 *Spongeliomorpha saxonica*. FÜRSICH p. 22, figs. 16 a, b, d.
- 1978 *Ophiomorpha nodosa*. FREY, HOWARD & PRYOR p. 224, figs. 1A, 1C, 2A, 2C-G, 3, 4B-C, 5, 6, 8C, 11.
- 1985 *Ophiomorpha nodosa*. FREY & HOWARD p. 381-382, figs.. 5.11, 5.14, 10.5, 10.13, 11.2, 16.3.
- 1986 *Ophiomorpha nodosa*. D'ALESSANDRO & BROMLEY p. 81, figs. 9.1, 9.2, 10.2, 12.4, 15.5.

DIAGNOSI: *Ophiomorpha* amb revestiment constituït per pèl.lets discoidals, ovoides o irregularment poligonals distribuïts regularment i densament (Frey *et al.* 1978).

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: A El Papiol (Baix Llobregat) i La Valmagna (Rosselló).

DESCRIPCIÓ: Es tracta de caus de diàmetre al voltant dels 8 mm amb revestiment gruixut (2-3 mm). El revestiment és argilós i té una aspecte exterior irregular i tuberculat, més marcat en els exemplars del Baix Llobregat que en els del Rosselló. Han estat reconeguts en secció, de manera que la seva configuració tridimensional no ha pogut ser ben determinada encara que sembla bastant simple amb poques ramificacions. Al Baix Llobregat s'han observat les típiques ramificacions e amb els elements a 120°. *O. nodosa* apareix a les dues conques en sorres, sent el reompliment idèntic al sediment encaixant.

DISCUSSIÓ: L'icnogènere *Ophiomorpha* havia estat inclòs dintre de *Spongeliomorpha* juntament amb *Thalassinoides* per Fürsich (1974b). Actualment els tres icnogèneres es consideren relacionats però es mantenen com a taxons separats (Bromley 1990, veure discussió de *Thalassinoides*).

Quatre espècies són les més comunament reconegudes per l'icnogènere: *O. nodosa* Lundgren, *O. boornensis* Keij, *O. irregulaire* Frey, Howard & Pryor i *O. annulata* (Ksiazkiewicz). De totes elles la més comuna és *O. nodosa*. *O. nodosa* es diferencia de les altres en la disposició i morfologia dels pèl.lets, aparellats a *O. boornensis*, ordenats en anells a *O. annulata* i de forma allargada a *O. irregulaire*.

DISCUSSIÓ PALEOBIOLÒGICA I PALEOAMBIENTAL: Els caus de tipus *Ophiomorpha* han estat atribuïts, ja des de fa anys a crustacis decàpodes del tipus *Calianassa*

(Häntzschel, 1952). És ben coneguda la identitat existent entre les galeries construïdes per *Callianassa major* Say i *Ophiomorpha nodosa*, tal i com Weimer & Hoyt (1964) van mostrar a les costes de Florida i Carolina del Nord (U.S.A.). Actualment se sap que tots els crustacis que en el present construeixen caus amb paret tuberculada utilitzant els seus pel·lets, s'inclouen dins del grup dels thalassínids (que inclou el gènere *Callianassa*) (Frey *et al.*, 1978). Altres decàpodes actuals també poden utilitzar pèl·lets per construir una part del cau. Per tant, és possible, que aquests o altres grups de decàpodes haguessin construït en el passat, caus de tipus *Ophiomorpha*. En el registre fòssils s'han pogut trobar restes de thalassínids a l'interior d'*O. nodosa* (Beikirch & Feldmann 1980). Tota aquesta discussió, ens permet atribuir *O. nodosa* a l'acció de crustacis decàpodes.

Ophiomorpha nodosa és característica d'ambients sorrencs marins litorals a sublitorals somms (Pollard *et al.* 1993). En dipòsits litorals i sublitorals, la morfologia del sistema de galeries ens pot donar informació paleoambiental. En condicions d'energia ambiental elevada són dominants els pous, mentre que en condicions menys agitada dominen els túnels horitzontals i els sistemes complexos bi i tridimensionals (Frey *et al.* 1978). Als casos aquí estudiats *Ophiomorpha* apareix lligada a dipòsits d'energia elevada en un contexte de canal submarí (al Baix Llobregat) i també apareix com a colonitzador de nivells sorrencs de deposició ràpida (al Baix Llobregat i al Rosselló).

***Thalassinoides* Ehrenberg 1944**

DIAGNOSI: Sistemes de galeries constituïts per components essencialment cilíndrics amb parets llises, ramificacions en forma de Y o de T, eixamplaments en els punts de bifurcació i amb les dimensions variables dintre d'un mateix sistema (Howard & Frey 1984).

***Thalassinoides suevicus* (Rieth 1932)**

lãm. 2E

1974 *Spongeliomorpha suevica*. FÜRSICH p. 24-30, figs. 17b, 18-24.

1981 *Thalassinoides suevicus*. FÜRSICH p. 161, Pl. 4 fig. 3, Pl. 6 figs. 1-3, figs 6,7.

1984 *Thalassinoides suevicus*. HOWARD & FREY p. 213, fig. 24.

1985 *Thalassinoides suevicus*. FREY & HOWARD p. 394-395, figs. 5.8, 10.13, 16.3, 16.4, 19.1, 24.

1986 *Thalassinoides suevicus*. BROMLEY & D'ALESSANDRO, p. 83, pl. 13 fig. 1.

1992 *Thalassinoides suevicus*. GIBERT p. 48, fig. 13, lãm. 6 fig. B.

DIAGNOSI: Sistemes de galeries cilíndriques predominantment horitzontals, amb ramificacions majoritàriament dicotòmiques, sense revestiment o amb revestiment llis, de diàmetre més o menys constant excepte en els punts de ramificació o cambres (Fürsich 1981).

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: A El Papiol, Pic d'en Valls i El Tarc (Baix Llobregat).

DESCRIPCIÓ: Es tracta de sistemes de galeries cilíndriques amb desenvolupament horitzontal. Els components verticals són escassos i curts. Les galeries presenten habitualment ramificacions dicotòmiques encara que de vegades poden convergir en un mateix punt fins a quatre elements diferents. Les ramificacions són majoritàriament en forma de Y i en alguns casos en forma de T. La configuració del sistema és irregular. Les galeries presenten secció el·líptica i el seu diàmetre major varia des de 0.5 fins a 3 cm. Dintre d'un mateix sistema la variació és menor. En els punts de ramificació es produeix un eixamplament. Els tubs no presenten cap mena de revestiment. El reompliment és arenós i, en alguns casos, s'han reconegut clares estructures menisc indicant un rebliment actiu, sinó a tot el sistema, sí com a mínim en part d'ell. Alguns autors (Frey & Howard 1985) també han assenyalat la presència de reompliments en segments de *Thalassinoides*. *Phycosiphon incertum* pot aparèixer dintre del rebliment com a estructura de rebioturbació. *Thalassinoides suevicus* apareix típicament a la base dels nivells de sorres com a relleu complet o semirelleu.

***Thalassinoides* isp.**

lòm. 3D

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: A Sant Onofre (Baix Ebre), a La Valmagna (Rosselló) i a Saint Isidore (Var).

DESCRIPCIÓ: A més dels *Thalassinoides suevicus* del Baix Llobregat en altres conques pliocenes de la Mediterrània nord-occidental s'han reconegut *Thalassinoides* que no han pogut ser atribuïts a una determinada icnospècie per la seva incompleta preservació. Tots ells són sistemes de galeries ramificats amb reompliment passiu però presenten diferents tipus de preservació. Al Baix Ebre i a l'Alt Empordà, *Thalassinoides* apareix a les margues blaves i es caracteritza per presentar un reompliment bioclàstic. Aquest reompliment és resultat de la remobilització per fenòmens turbulents de l'únic material groller disponible (les conquilles) i la seva introducció a dins dels caus. Els exemplars del Rosselló presenten un reompliment una mica més sorrenc que l'encaixant i en molts casos contenen *Planolites montanus* que són resultat de la rebioturbació del reompliment. A Var, *Thalassinoides* és poc freqüent i pot estar preservat per el reompliment de material més groller o, quan el

reompliment és similar a l'encaixant, es manifesta per la rebioturbació en forma de *Phycosiphon incertum*.

DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: Fürsich (1974b) va considerar sinònims els icnogèneres *Spongeliomorpha* Saporta, *Ophiomorpha* Lundgren i *Thalassinoides* Ehrenberg, sent *Spongeliomorpha* el terme vàlid. Aquesta sinonímia la va basar en la seva similitud estructural i l'existència d'intergradacions entre els gèneres. Posteriorment Bromley & Frey (1974) consideren *Ophiomorpha* i *Thalassinoides* com a taxons separats per la presència o absència, respectivament, de revestiment amb protuberàncies. Aquests mateixos autors consideren *nomen dubium* l'icnogènere *Spongeliomorpha* pel caràcter incomplet de la descripció original. Calzada (1981) redescríu *Spongeliomorpha* a partir del material original que es caracteritza per la presència d'esgarrapades a les parets. Actualment tots tres icnogèneres són considerats habitualment com a formes separades (Bromley 1990).

Les dues espècies més comunes de *Thalassinoides* són *T. suevicus* i *T. paradoxicus*. *T. suevicus* es diferencia de *T. paradoxicus* (Woodward) en que aquest presenta configuracions amb components tant verticals com horitzontals i bifurcacions en forma de T, mentre que aquell té desenvolupament predominantment horitzontal i amb bifurcacions en Y.

DISCUSSIÓ PALEOBIO LòGICA I PALEOAMBIENTAL: Diversos grups de crustacis decàpodes i també alguns estomatòpodes i amfípodes construeixen actualment caus oberts multiramificats comparables a *Thalassinoides* (veure Bromley 1990 per referències). El grup més comú és el dels thalassiníds. A més a més, són diversos els treballs que citen *Thalassinoides* associats a restes fòssils de decàpodes (Rasmussen 1971, Sellwood 1971, entre d'altres). Aquest tipus de caus corresponen generalment a organismes detritívors que obtenen el seu aliment per excavació del sediment i en alguns casos també per maduració de cultius bacterians en túnels cecs o a les parets (Bromley 1990). L'icnogènere *Thalassinoides* és present des de dipòsits litorals inferiors fins a zones de plataforma.

***Sinusichnus sinuosus* n. igen. n. isp.**

fig. 64, làm. 6 A-H

DERIVATIO NOMINIS: Per l'icnogènere del llatí *sinus* (plec, corba) i del grec *ikhnos* (pista, traça). Per la icnoespècie, també del llatí *sinuosus* (sinuós).

HOLOTIP: Exemplar IC/034, procedent de Sant Onofre (Baix Ebre) de la col·lecció del Laboratori de Paleontologia de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona.

DIAGNOSI: Sistema de galeries amb desenvolupament horitzontal format per elements sinusoidals amb múltiples ramificacions.

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: *Sinusichnus sinuosus* ha estat reconegut al Baix Ebre, al Baix Llobregat i al Var. A l'aflorament de Pichegu (Rhône) s'han trobat alguns exemplars dubtosos per la seva deficient preservació. El Pliocè del Baix Ebre ha suministat abundants i excel·lents exemplars de *S. sinuosus* procedents de la Unitat lutífic-sorrenca superior. Al Baix Llobregat la icnoespècie només s'ha localitzat a l'aflorament d'El Tarc, on és puntualment molt abundant a la Unitat lutífic-sorrenca superior. A Saint Isidore (Var) *Sinusichnus* no és tan freqüent com a les conques anteriorment comentades, encara que s'ha pogut reconèixer clarament a les fàcies de llims i sorres.

DESCRIPCIÓ: *Sinusichnus sinuosus* està format per galeries amb traçat sinusoidal que presenten múltiples ramificacions. Aquest sistema de túnels presenta esporàdicament curts pous verticals. El traçat dels túnels pot ser en forma sinusoidal regular, irregularment sinusoidal o, més rarament, quasi recte. Els sinusoids regulars són freqüents i presenten una relació amplitud/longitud d'ona (A/L) al voltant de 0.3. El diàmetre dels túnels varia entre 0.2 i 2 cm, sent el valor més comú al voltant d'1 cm. El diàmetre es manté constant dintre d'un mateix sistema. Els exemplars més petits tendeixen a mostrar una major regularitat. No es reconeix un revestiment diferenciat, encara que en els exemplars procedents del Baix Llobregat la paret es presenta envoltada per una gruixuda capa limonítica (fins a 1.5 cm) clarament d'origen diagenètic. El rebliment és generalment sorrenc encara que en alguns casos es troba constituït per argila amb restes esquelètiques. La part final del rebliment correspon a un reompliment passiu, però en els exemplars del Baix Ebre és habitual la presència d'envans. Aquests envans són sempre retrusius i tenen un gruix cada un d'ells de 2 mm. Els envans poden mostrar un cert desplaçament lateral que es combina amb el vertical, i tendeix a disminuir la sinuositat dels elements. Les ramificacions en el pla horitzontal són nombroses. L'estil de ramificació més habitual és aquell en que convergeixen tres elements formant angles de 120° entre ells. Això combinat amb la corbatura dels elements confereix a la ramificació un aspecte d'hèlice. En alguns casos les ramificacions són menys regulars i poden intervenir fins a quatre elements diferents. Quan existeixen envans aquests no es presenten ramificats sinó que s'intersecten alternativament seguint una o una altra de les direccions possibles. Això fa que les ramificacions en la part inferior de l'estructura semblin aparentment falses

ramificacions (*sensu* Bromley & Frey 1974) encara que el sistema presenta veritables ramificacions. Els pous són rars i no mostren aparentment preferència pel que fa a la seva posició dintre del sistema. Formen un angle de 90° respecte dels túnels on s'originen.

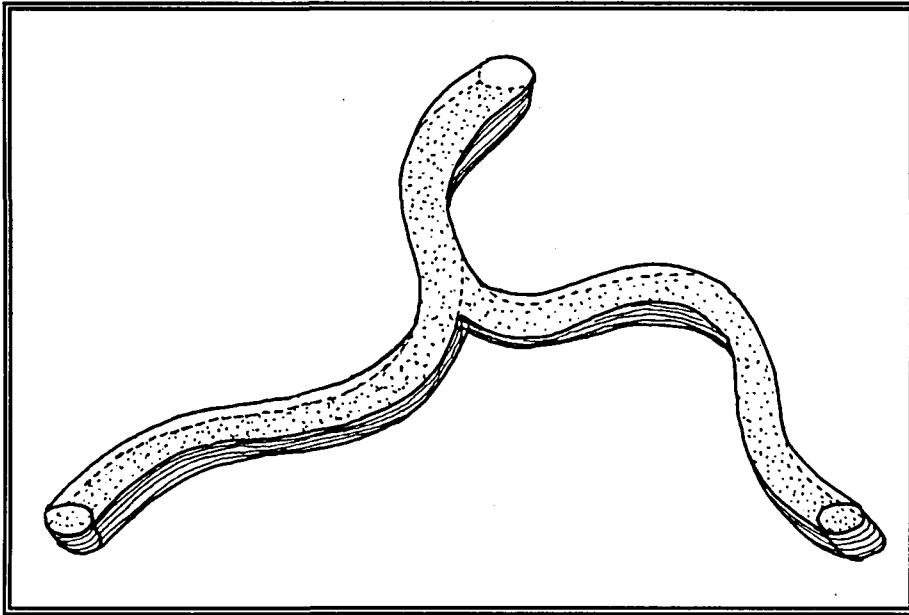


Figura 64. Esquema de la icnoespècie *Sinusichnus sinuosus*.

Figure 64. Drawing of the new ichnogenus, new ichnospecies *Sinusichnus sinuosus*.

DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: La creació d'un nou icnogènere i una nova icnoespècie queda justificada per la presència de un conjunt de caràcters prou particulars com són la sinuositat dels elements i les ramificacions que allunyen *Sinusichnus sinuosus* de qualsevol altre icnotaxó descrit prèviament. Malgrat això es poden establir certes similituts amb alguns d'ells.

Cochlichnus Hitchcock 1858 (= *Sinusites* Demanet & Van Straelen 1938) s'assembla a *Sinusichnus* en el seu traçat sinusoidal regular. Malgrat que hi ha una certa discussió respecte si *Cochlichnus* és una pista superficial o una excavació endogènica (Elliot 1985, Fillion & Pickerill 1990), en qualsevol cas és clarament diferent del nou taxó aquí definit per l'absència de ramificacions i el seu diàmetre molt més petit (aproximadament 1 mm).

Protopaleodyction Ksiazkiewicz 1970 presenta una marcada similitut especialment amb els exemplars de petita talla i major regularitat de *Sinusichnus*. *Protopaleodyction* pertany al grup dels grafoglíptids i forma xarxes constituïdes per elements sinusoidals com els de *Sinusichnus* però presenta un caràcter distintiu absent en aquest últim com és la presència de petits apèndixs o túnels cecs amb

origen als àpexs dels meandres (Ksiazkiewicz 1970). A més no es coneixen exemplars amb diàmetres majors de 2 o 3 mm.

L'icnogènere *Thalassinoides* Ehrenberg 1944 correspon a sistemes laberíntics de galeries amb múltiples ramificacions. No és rara l'existència d'envans retrusius associats a aquests sistemes com en el cas de *Sinusichnus*. Malgrat aquestes similituts s'allunya clarament d'aquest pel caràcter fonamentalment rectilini dels elements que el formen.

Finalment *Sinusichnus* podria guardar certa similitud amb alguns sistemes d'*Ophiomorpha irregulaire* Frey et al. 1978 figurats per aquests autors (fig 2H, 12B) que presenten elements amb traçat sinusoidal. La diferència es troba en la presència d'un revestiment força característic present a *O. irregulaire* i absent a *Sinusichnus*.

DISCUSSIÓ PALEOBIO LòGICA I PALEOAMBIENTAL: *Sinusichnus sinuosus* ha de ser interpretat com un cau obert multiramificat produït per un organisme detritívor que obtindria el seu aliment per la excavació de noves galeries i per la reexcavació vertical de les galeries preexistents. Aquest segon mecanisme donaria lloc als envans. En molts aspectes, exceptuant la sinuositat dels elements, *Sinusichnus* és comparable a l'icnogènere *Thalassinoides* i per tant hauria de tenir una funcionalitat molt similar a la d'aquest.

D'altra banda la similitud amb alguns grafoglíptids, concretament *Protopaleodyction*, suggereix alguna semblança etològica amb aquests. Les formes més petites de *Sinusichnus*, més regulars, són les més similars a *Protopaleodyction*. Aquest fet podria suggerir la seva funcionalitat com a trampa i jardí (veure Seilacher 1977, Bromley 1990). Aquesta funcionalitat podria perdre's o ser secundària en els caus dels individus adults encara que retindrien en part la regularitat dels dels juvenils.

La presència de caus corresponents a individus juvenils en relació a d'altres corresponents a individus adults podria suggerir una relació entre ells. Forbes (1973) i Frey & Howard (1975) descriuen petits caus d'individus juvenils de calianàssids actuals (*Calianassa* i *Upogebia*, respectivament) originant-se a partir de caus d'individus adults de la mateixa espècie. Malgrat que a *Sinusichnus* no han pogut ser reconegudes aquestes connexions entre caus d'adults i de juvenils, l'estreta relació existent entre ells podria suggerir una relació similar als exemples citats.

Pel que fa al presumible productor de *Sinusichnus* cal establir comparacions tant amb exemples actuals com amb material fòssil. Actualment els organismes que més típicament construeixen caus laberíntics ramificats són els decàpodes, i d'entre ells especialment els thalassiníds. Alguns d'ells construeixen xarxes tridimensionals

mentre que altres construeixen laberints amb desenvolupament horitzontal comparables amb *Sinusichnus*. Alguns exemples d'aquests últims són els thalassinids *Calianassa* (Weimer & Hoyt 1964, Swinbanks & Lutemauer 1987) i *Thalassina* (Forster & Barthel 1978) o el cranc xanthoïdeu *Goneplax* (Rice & Chapman 1971, Atkinson 1974), encara que cap d'ells presenta elements sinuosos. Pel que fa al material fòssil tant *Thalassinoides* com *Ophiomorpha irregulaire*, que com ja s'ha comentat abans són molt similars a *Sinusichnus*, també són habitualment atribuïts a decàpodes (Bromley & Frey 1974, Frey *et al.* 1978). Tot això fa que un petit decàpode, probablement un thalassinid, sigui el més probable productor pel nou icnotaxó aquí descrit.

Totes les aparicions de *Sinusichnus sinuosus* a les conques estudiades es troben en dipòsits lutítics-sorrencs corresponents a condicions energètiques moderades amb alguns episodis de sedimentació grollera.

4.4. Estructures amb envans

Aquest grup inclou *Diplocraterion*, *Teichichnus*, *Asterosoma* i *Rhizocorallium*. De tots ells descriurem detalladament *Diplocraterion* per la seva abundància i bona preservació a la conca del Var i *Teichichnus* que és una de les traces amb més àmplia dispersió en la zona estudiada.

***Diplocraterion* Torell 1870**

DIAGNOSI: Caus verticals en forma de U amb envans tant retrusius com protrusius (lleugerament modificat de Fürsich 1974a).

***Diplocraterion* isp.**

fig. 65, lám. 6C

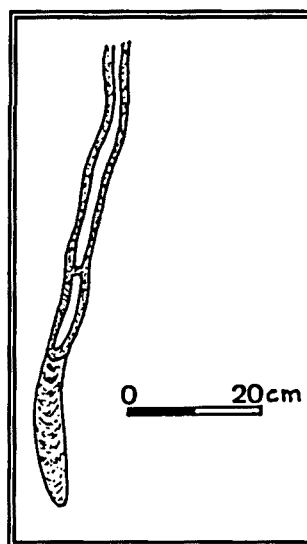
REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: Molt abundant a Saint Isidore (Var) tant a les margues blaves com als llims sorrencs.

DESCRIPCIÓ: Els *Diplocraterion* de Saint Isidore són llargs tubs en forma de U, encara que en la majoria dels casos la part basal no hi és present i es reconeixen com a parelles de tubs verticals, paral·lels i rectes o amb suaus ondulacions. El diàmetre d'aquests tubs oscil·la entre 0.5 i 1 cm, encara que en molts casos es troba exagerat per efecte de la diagènesi que ha afavorit la creació d'una envolta limonítica que en alguns casos arriba a envoltar els dos tubs junts. La separació entre ambdós és sempre molt petita, assolint com a màxim, el doble que el diàmetre del cau. Aquesta separació es manté constant en cada exemplar en tota la longitud observable. La longitud és difícil d'establir perquè la majoria dels exemplars són incomplets encara

que generalment és major de mig metre. La profunditat de bioturbació (*sensu* Cornish 1986, és a dir la profunditat real del cau d'habitació sense considerar els envans) pot arribar al mig metre. Els envans, retrusius en tots els casos observats, no assoleixen més d'uns 30 cm de longitud. El reompliment del cau és més arenós que el sediment encaixant i es troba limonitzat.

Figura 65. Un exemplar de *Diplocraterion* isp. de Saint Isidore.

Figure 65. A specimen of *Diplocraterion* isp. from Saint Isidore



DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: *Diplocraterion* va ser revisat per Fürsich (1974a) que va considerar *Corophioides* Smith i *Polyupsilon* Howell com a sinònims juniors de l'icnogènere, sent tots ells caus en forma de U vertical i amb envans. La diferència entre *Diplocraterion* i *Corophioides* fa referència a la forma d'embut de les obertures en el primer, caràcter que no és considerat per Fürsich de valor taxonòmic sinó relacionat amb la consistència del substrat o amb factors purament preservacionals. D'altra banda, la diferència entre *Diplocraterion* i *Polyupsilon*, el caràcter divergent dels envans en el segon, és considerada pel mateix autor com un caràcter taxonòmic de rang icnospecífic.

Fürsich (1974a) manté cinc icnospècies com a vàlides per *Diplocraterion*: *D. parallelum* Torell, *D. helmersenii* (Opik), *D. biclavatum* (Miller), *D. habichi* (Lisson) i *D. polyupsilon* (Smith). Els exemplars de *Diplocraterion* de Saint Isidore presenten una major similitud amb les icnospècies *parallelum* i *habichi*. Presenten els braços de la U paral·lels i amb una distància constant com a *D. parallelum*, encara que aquesta distància és molt petita a diferència de la majoria de les aparicions d'aquesta espècie. D'altra banda, *D. habichi* presenta una distància molt petita entre els braços però mostra una divergència d'aquests cap a la part superior de l'estructura, fet que no s'ha observat mai a *Diplocraterion* isp. Una altra icnospècie similar és *D. morgani* descrita per Fleming (1973), que apareix en un contexte sedimentològic i

paleoambiental similar a Saint Isidore com serà comentat més endavant. En qualsevol cas, noves troballes han de permetre una assignació més precisa.

SIGNIFICACIÓ PALEOBIOLOGICA I PALEOAMBIENTAL: *Diplocraterion* és el cau d'habitació d'un organisme suspensívor (Fürsich 1974a, Cornish 1986, Bjerdstedt & Erickson 1989, entre d'altres). El significat paleoetològic dels seus envans va ser analitzat per Fürsich (1974a) que va descartar una activitat sedimentívora, va limitar la seva relació amb el creixement de l'organisme a la icnospècie *polyupsilon*, i va assenyalar com a causa més habitual les reaccions del ocupant del cau a fenòmens d'erosió i sedimentació. Això va ser molt ben exemplificat per *Diplocraterion yoyo* de Goldring (1962) que mostra envans retrusius o protrusius en relació als canvis de posició del fons sedimentari per erosió o deposició. Així doncs *Diplocraterion* pot ser considerat un Equillibrichnion. Els exemplars de Saint Isidore mostren un moderat desenvolupament d'envans retrusius indicant unes condicions de sedimentació contínua i relativament ràpida.

Pel que fa a l'organisme productor, són diversos els grups zoològics capaços de construir caus en forma de U. Equiurs, amfípodes i poliquets són els més comuns (Schäfer 1972, Cornish 1986, Bjerdstedt & Erickson 1989). La majoria d'aquests organismes construeixen caus més laxos i menys profunds que els *Diplocraterion* de Saint Isidore.

Habitualment, les aparicions de *Diplocraterion*, especialment en gran nombre, estan relacionades amb substrats sorrencs poc bioturbats i ambients marins somers i energètics, sovint mareals (Heinberg & Birkelund 1984, Cornish 1986, Bjerdstedt & Erickson 1989, Dam 1990, entre d'altres). Això fa que *Diplocraterion* sigui un bon indicador d'aquestes condicions. En canvi l'aparició de *Diplocraterion* a Saint Isidore, especialment a les margues blaves, és difícilment relacionable amb un ambient d'aquest tipus. La sedimentació argilosa, l'elevada taxa de bioturbació i la fauna associada indiquen un medi tranquil i estable situat a 100 o més metres de profunditat segons altres indicadors paleontològics. L'única aparició comparable és la de *D. morgani* del Miocè de Nova Zelanda, amb unes característiques morfològiques similars a *Diplocraterion* sp., que apareix en argiles de plataforma externa a una profunditat estimada en 120 m (Fleming 1973). La gran profunditat de bioturbació dels *Diplocraterion* de Saint Isidore indica una necessitat de protecció de condicions adverses. El context sedimentològic dona la clau. La sedimentació de les margues blaves va ser contínua i tranquil·la durant llargs períodes permetent la total bioturbació per organismes sedimentívors però l'existència d'espòrics i poc freqüents processos erosius, relacionats amb la sedimentació per gravetat de conglomerats, podia ser resistida per l'organisme productor de *Diplocraterion*.

***Teichichnus* Seilacher 1955**

DIAGNOSI: Estructura en forma de paret vertical formada per un conjunt d'envans horitzontals o poc inclinats superposats verticalment (modificat de Fürsich 1974).

***Teichichnus rectus* Seilacher 1955**

lãm. 1F, 3H, 5F

1974 *Teichichnus rectus*. FURSICH p. 40-42, figs. 27b, 33.

1984 *Teichichnus rectus*. HOWARD & FREY p. 211-212, fig. 21.

1985 *Teichichnus rectus*. FREY & HOWARD p. 391-392, figs. 5.15, 16.4, 19.6, 21.

DIAGNOSI: Estructura en forma de paret vertical simple, recta o lleugerament sinuosa formada per un conjunt d'envans horitzontals o poc inclinats superposats verticalment (modificat de Fürsich 1974b).

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: A Sant Onofre (Baix Ebre), a La Valmagna (Rosselló), a Pichegu (Rhône) i a Saint Isidore (Var).

DESCRIPCIÓ: Es tracta d'una estructura en forma de paret, constituïda per un seguit d'envans paral·lels entre sí i superposats un sobre l'altre verticalment. En tots els exemplars reconeguts els envans són retrusius amb un tub complet amb secció el·líptica a la part més superior. El diàmetre horitzontal d'aquest tub varia poc entre 1 i 2 cm. Al Rosselló, en alguns casos els envans més inferiors són una mica més amples que els superiors. L'estructura pot presentar un nombre variable d'envans, podent arribar en alguns casos a tenir més de 7 cm. d'alçada. Tant el tub com els envans són horitzontals, si bé presenten una suau concavitat cap amunt. Cal pensar que la forma completa del cau devia correspondre a una U, o potser una J, laxa, però en cap cas s'han pogut observar els components verticals. *T. rectus* ha estat reconegut tant en sediments lutítics-arenosos (al Baix Ebre, Rosselló i Var) com en les margues blaves (Var). En els primers els envans estan composts alternativament per material de diferent granulometria, mentre que en els que apareixen a les margues blaves, els envans es diferencien per lleugers canvis de color.

DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: Corner & Fjalstad (1993) posen de manifest l'afinitat taxonòmica entre *Teichichnus* i *Diplocraterion*. Molts *Teichichnus* poden ser considerats caus en forma de U molt laxa amb envans, característiques que el situarien dintre del grup de *Diplocraterion*. Malgrat això la impossibilitat de reconèixer la morfologia en U en la majoria dels casos i el seu caràcter molt més laxa en

Teichichnus aconsellen mantenir ambdues formes com a taxons separats. De tota manera, ambdós poden ser molt fàcilment confusibles en secció.

Pel que fa a la classificació a nivell icnospecífic és necessària una revisió detallada de les icnoespècies i les possibles sinonímies (Frey & Howard 1985). De totes maneres, totes les formes reconegudes a les conques estudiades poden ser referides a l'icnoespècie *rectus*.

DISCUSSIÓ PALEOBIOLÒGICA I PALEOAMBIENTAL: L'àmplia distribució estratigràfica de l'icnogènere fa pensar que probablement ha pogut ser produït per diferents tipus d'organismes (Häntzschel 1975). Diferents grups d'organismes vermiformes o potser crustacis poden ser considerats alguns dels candidats més probables. *Teichichnus* ha estat interpretat com una estructura d'alimentació produïda per un organisme sedimentívor (Fürsich 1974b, Häntzschel 1975, Howard & Frey 1984). Aquest ocuparia un cau més o menys horitzontal que periodicament desplaçaria cap amunt, donant lloc a un envà retrusiu. La migració del cau permetria al seu ocupant retreballar el sediment i aprofitar els elements nutritius. Alguns autors pensen que la presència d'envans podria també estar relacionada amb el manteniment d'una situació d'equilibri respecte la fluctuació del fons marí (Bromley 1990, Corner & Fjalstad 1993). Probablement ambdós tipus de comportament van tenir lloc, fins i tot en la construcció d'una única estructura. Pel que fa, a les aparicions al Pliocè mediterrani, aquelles relacionades amb sediments més fins (al Rosselló, al Var i a la icnofàbrica de *Teichichnus* al Baix Ebre) correspondrien probablement a estructures d'alimentació, mentre que les que apareixen en sediments més sorrencs (especialment al Baix Ebre i Pichegu), generalment més curtes, poden correspondre a estructures d'equilibri.

Des del punt de vista paleoambiental *Teichichnus* presenta una dispersió àmplia, generalment preferint ambients de deposició tranquil·la en zones marginals o de plataforma. Al Baix Ebre, apareix en un nivell clarament de condicions salobres, en concentració molt elevada, indicant una estratègia oportunista i una important tolerància ecològica.

4.5. Excavacions sinuoses

Dintre d'aquest grup s'inclouen pistes predominantment horitzontals amb traçat sinuós o tortuós: *Planolites*, *Phycosiphon*, *Scalarituba*, *Scolicia* i *Laminites*. També s'ha inclòs *Cardioichnus*, encara que no és una pista sinó una traça de repòs, per la seva íntima relació genètica amb *Laminites*.

***Planolites* Nicholson 1873**

DIAGNOSI: Excavacions sense revestiment, rarament ramificades, rectes a sinuoses, amb parets llises a irregulars o anellades, secció circular a el·líptica, dimensions i configuracions variables i reompliment essencialment sense estructura interna i diferent en litologia de la roca encaixant (Pemberton & Frey 1984).

***Planolites montanus* Richter 1937**

lãm. 2G

1982 *Planolites montanus*. PEMBERTON & FREY p. 869-870, Pl. 2 figs. 4, 7, Pl. 3, fig. 9.

1984 *Planolites montanus*. HOWARD & FREY p. 207, fig. 15.

1985 *Planolites montanus*. FREY & HOWARD p. 386-388, figs. 5.10, 5.16, 10.8, 16.2, 16.6, 18, 19.1, 19.4, 19.5.

DIAGNOSI: Excavacions petites de paret llisa, rarament ramificades i típicament corbades a ondulades (Howard & Frey 1984).

DESCRIPCIÓ: Es tracta d'excavacions sense revestiment amb secció transversal circular a el·líptica. Poden ser molt corbades i sinuoses com els exemplars del Baix Llobregat o una mica més rectes amb suaus ondulacions com els del Rosselló. No presenten ramificacions o són molt poc freqüents. No exhibeixen un model obvi en la seva configuració, només una clara tendència al desenvolupament horitzontal. La majoria són horitzontals o lleugerament inclinades. Presenten un diàmetre molt constant d'1-2 mm. La superfície exterior és llisa. Generalment no s'observa cap estructura en el reompliment. Només en algun cas s'ha reconegut un rebliment meniscat molt poc marcat. El rebliment és de gra més fi i color més clar que l'encaixant. *P. montanus* apareix en concentracions molt elevades als sostres dels nivells de sorra en el Baix Llobregat, mentre que al Rosselló ho fa en concentracions generalment relacionades amb la presència d'altres caus formats prèviament.

DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: Els gèneres *Planolites* i *Palaeophycus* van ser durant molt temps freqüentment confosos entre sí per la seva similitud fins que al 1982, Pemberton & Frey van realitzar una exhaustiva revisió taxonòmica d'ambdós taxons. La taxonomia proposada per aquests autors ha estat àmpliament acceptada per altres (Howard & Frey 1984, Fillion 1989, entre d'altres). Pemberton & Frey (1982) defineixen *Palaeophycus* com una excavació amb reompliment passiu idèntic a la litologia encaixant i amb revestiment, en contrast amb *Planolites* que correspon a excavacions amb reompliment actiu de litologia diferent a l'encaixant i sense revestiment.

Pemberton & Frey (1982) també van revisar les 33 espècies de *Planolites* descrites fins a la publicació del seu treball. Les van reduir a tres icnospècies vàlides: *P. beverleyensis* (Billings), *P. annularis* Walcott i *P. montanus* Richter. L'icnospècie que apareix al Pliocè mediterrani encaixa en les característiques de *P. montanus* per les seves petites dimensions i la seva tendència a la sinuositat, mentre que *P. beverleyensis* acostuma a ser de major tamany (rarament menor de 8 mm) i més rectilini i l'icnospècie *annularis* presenta la paret anellada.

DISCUSSIÓ PALEOBIOLÒGICA I PALEOAMBIENTAL: Les excavacions de tipus *Planolites* van ser produïdes per poliquets o altre tipus d'organismes vermiformes, sedimentívors i vàgils, capaços de produir estructures amb reraompliment actiu (Pemberton & Frey 1982, Uchman 1995). Pemberton & Frey (1982) proposen diversos organismes actuals que realitzen una activitat similar, encara que no idèntica, a la del productors de *Planolites*. La simplicitat del comportament que va donar lloc a aquest icnogènere fa pensar que diversos grups zoològics podrien produir aquest tipus d'estructures.

Des del punt de vista paleoambiental *Planolites* és un taxó euribàtic (Uchman 1995), amb una dispersió molt alta i que pot aparèixer en relació a fàcies molt diverses, no només marines, sinó també continentals. En les aparicions al Pliocè mediterrani sembla tractar-se d'una traça d'un organisme oportunista i tolerant, ja que apareix com a colonitzador de nivells de sorres de deposició episòdica (al Baix Llobregat) i rebioturbant caus prèviament existents (al Rosselló).

Phycosiphon Fischer-Ooster 1858

DIAGNOSI: Traces fòssils petites amb envans constituïdes per freqüents lòbuls estrets en forma d'U incloent un envà d'escala mil·lèmètrica a centimètrica, ramificant-se regular o irregularment de un envà axial d'amplada similar. Els lòbuls són protrusius, principalment paral·lels a l'estratificació/fons del mar, encara que el pla que inclou la seva amplada pot ser horitzontal, oblicu o inclús vertical a l'estratificació/fons del mar (Wetzel & Bromley 1994).

Phycosiphon incertum Fischer-Ooster 1858

lãm. 2F, 4A, 5G

1978 *Anconichnus horizontalis*. KERN p. 190-191, fig. 4, 5.

1990 *Helminthopsis horizontalis*. BROMLEY fig. 11.20, 12.1, 12.3, 12.4, 12.7-12.11.

1991 *Anconichnus horizontalis*. GOLDRING, POLLARD & TAYLOR p. 250-252, fig. 1-13.

1994 *Phycosiphon incertum*. WETZEL & BROMLEY p. 1400-1401, fig. 1-6.

DIAGNOSI: Com el gènere, *P. incertum* és l'única icnospècie descrita per *Phycosiphon*.

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: A El Papiol, Pic d'en Valls, El Tarc, Can Albareda i Torrent del Terme (Baix Llobregat), a Cessenon (Orb) i a Saint Isidore (Var).

DESCRIPCIÓ: Els exemplars de *Phycosiphon incertum* de les conques estudiades corresponen a excavacions vermiformes, horitzontals o poc inclinades, no ramificades, que normalment apareixen en concentracions molt denses. Les excavacions (de diàmetre rarament major a 1 mm) formen freqüents plecs en forma d'U (aproximadament d'uns 5 mm d'amplada) amb disposició aparentment irregular. En l'interior d'aquests plecs en cap cas s'han identificat envans com els descrits per Kern (1978) i Wetzel & Bromley (1994) encara que, com aquests darrers autors assenyalen, la seva presència és en la majoria dels casos difícilment observable. Aquestes traces es troben preservades com a epirelleus en nivells de sorres, o com a relleus complets en sediments argilosos, llimosos o de sorres fines. En secció, especialment en les argiles, es pot reconèixer un nucli central fosc rodejat per un mantell de color més clar. El reompliment en els substrats sorrencs és de gra més fi que l'encaixant. En alguns casos es pot reconèixer un reompliment meniscat pobrament definit

Phycosiphon incertum apareix sovint en grans densitats afectant sostres de nivells de deposició ràpida com a component principal de l'associació postdeposicional. Això succeeix al Baix Llobregat i també a la conca de Var (fàcies de llims sorrencs). També pot aparèixer a l'interior d'altres caus de major tamany, generalment *Thalassinoides*, a la conca de Var i menys freqüentment al Baix Llobregat, i formant part principal (Orb, llims sorrencs del Var) o secundària (margues blaves del Var) d'icnofàbriques lutítiques.

DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: Recentment Wetzel & Bromley (1994) han publicat una revisió de l'icnospècie *Phycosiphon incertum* Fischer-Ooster a partir de l'estudi de material de la localitat de tipus i també de l'holotip i material topotípic de *Anconichnus horizontalis* Kern, taxó que consideren un sinònim junior. Aquests autors observen la presència d'envans en els plecs del material que estudien encara que assenyalen la pobra preservació d'aquestes estructures que en molts casos són poc visibles. Diversos autors han descrit aquest icnotaxó sense fer referència a la presència d'envans (Ekdale & Mason 1988, Goldring *et al.* 1991). El material que s'ha estudiat aquí no ha revelat en cap cas l'existència d'aquest tipus d'estructures. Algunes formes de *P. incertum* inclouen estructures molt regulars amb segments molt continus (Fischer & Paulas 1969). El nostre material presenta una configuració bastant

caòtica amb segments molts curt i poc continus dels elements, més comparable als especimens figurats per Goldring *et al.* (1991) que als de Wetzel & Bromley (1994).

DISCUSSIÓ PALEOBIOLÒGICA I PALEOAMBIENTAL: L'organisme productor de *Phycosiphon* va haver de ser un animal sedimentívor vàgil de petit tamany i cos vermiforme, possiblement un poliquet (Goldring *et al.* 1991). Wetzel (1983) descriu incipients *Phycosiphon* en medis actuals però no fa referència explícita a l'organisme productor. El tipus de comportament que produiria la traça ha estat considerat de diferents maneres per diferents autors, en funció de si aquests reconeixien els envans o no. Així doncs, Ekdale & Mason (1988) no n'observen i consideren l'estructura com una traça de pastura. En canvi, Wetzel & Bromley (1994) descriuen un mecanisme més complex per poder explicar la presència d'envans suggerint una estructura més aviat de tipus Fodinichnia.

A partir de les seves aparicions tant a les conques aquí estudiades com a la bibliografia, es pot interpretar *Phycosiphon* com una estructura produïda per un organisme amb gran tolerància ambiental. Es coneix en ambients marins tant somers com profunds (Goldring *et al.* 1991, Wetzel & Bromley 1994). Les seves aparicions són sovint de tipus oportunístic en relació a dipòsits episòdics. Goldring *et al.* (1991) descriuen diverses maneres d'aparèixer d'aquesta icnoespècie que són comparables a les seves aparicions en el Pliocè mediterrani: colonitzant nivells tempestífics o turbidífics com al Baix Llobregat o al Var, rebioturbant estructures prèvies com al Var, o constituint la part principal d'icnofàbriques en sediments argilosos o llimosos com a l'Orb o al Var. *Phycosiphon* ha estat interpretat com una traça de nivell som (*shallow-tier*) (Goldring *et al.* 1991), intermedi (*mid-tier*) (Ekdale & Bromley 1991) i profund (*deep-tier*) (Wetzel 1983). En les conques pliocenes nord-mediterrànies totes les aparicions semblen formar part d'un nivell de bioturbació molt som en el sediment, i només poden correspondre a nivells una mica més profunds quan hi accedeixen a través de rutes preferencial com són els rebliments de caus preexistents.

***Scalarituba* Weller 1899**
(=*Neonereites* Seilacher 1960)

DIAGNOSI ESMENADA: Pista sinuosa a meandriforme, més o menys horitzontal, consistent en un túnel medial, típicament preservat com a epirelleu negatiu i més rarament com a relleu complet, amb reompliment actiu constituït per paquets de sediment amb contorn subrectangular. Al voltant existeix una zona de sediment retreballat molts cops poc definida però sovint preservada com a hiporelleus positius pustulats.

Scalarituba missouriensis Weller 1899

lãm. 1H, 2H, 4 E, F

- 1960 *Neonereites uniserialis*. SEILACHER p. 48, text-fig. 3, Pl. 2 fig. 1.
 1968 *Scalarituba missouriensis*. CONKIN & CONKIN, p. 1-7, Pl. 1-4.
 1971 *Scalarituba missouriensis*. CHAMBERLAIN p. 229, Pl. 31 figs. 1,2.
 1980 *Scalarituba missouriensis* D'ALESSANDRO p. 362-364, Pl. 37 fig. 5, Pl. 38 figs. 1, 2, 4, Pl. 39 fig. 1, Pl. 41 fig. 2.
 1990 *Neonereites uniserialis*. FILLION & PICKERILL p. 42, Pl. 10 figs. 10, 12.
 1992 *Neonereites uniserialis*. Seilacher. GIBERT p. 61-62, fig. 23, Pl. 7 fig. B.
 1995 *Nereites uniserialis*. UCHMAN p. 28-30, Pl. 8 figs. 9, 10, Pl. 9 figs. 1,2.

DIAGNOSI ESMENADA: *Scalarituba* amb el reompliment del túnel medial consistent en una única cadena simple de paquets de sediment.

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: A Sant Onofre (Baix Ebre), El Tarc, Can Albareda i Torrent del Terme (Baix Llobregat), Pichegu (Rhône) i Saint Isidore (Var).

DESCRIPCIÓ: Es tracta de pistes horitzontals o lleugerament inclinades, amb secció el·líptica o irregular i amplada entre 1 i 6 mm. La traça es presenta dividida en segments de contorn subquadrangular a suboval amb la dimensió major en posició transversal i una amplada oscil·lant entre 0.5 i 2 mm molt constant dintre de cada exemplar. Els segments corresponen a paquets de sediment emplaçats activament per l'organisme productor. El traçat de les pistes és generalment poc sinuós en les formes grans (2-5 mm) i apretadament meandriforme en les formes més petites (1-2 mm). Aquestes darreres formes són menys freqüents, només reconegudes al Baix Llobregat i al Baix Ebre on són dominants. En secció *Scalarituba missouriensis* pot presentar un mantell prim i irregular de material més fi que l'encaixant i el rebliment envoltant la traça. Típicament apareix en concentracions gregàries.

S'han pogut diferenciar dues variants preservacionals d'aquesta traça:

Forma A. Correspon fonamentalment a epirelleus negatius desenvolupats a sostres de nivells de sorres. En alguns casos les pistes s'introdueixen dintre dels nivells esdevenint relleus complets o en alguns casos túnels buits que poden portar associats epirelleus positius corresponents a la deformació perifèrica del sediment. Aquests epirelleus positius són més amples que la traça que circula internament i estan constituïts per porcions més o menys crescèntiques irregulars.

Forma B. Aquesta forma correspon a relleus complets associats a litologies fines i és la preservació típica dels exemplars provinents de Pichegu (Rhône).

***Scalarituba biserialis* (Seilacher 1960)**

lãm. 2H

1960 *Neonereites biserialis*. SEILACHER p. 49, text-fig. 3, Pl. 2 figs. 2,3.

1976 *Neonereites biserialis*. HAKES p. 31, Pl. 9 figs. 1a-c.

1992 *Neonereites biserialis*. Seilacher. GIBERT p. 63, fig. 24, pl. 7 fig. A.

DIAGNOSI ESMENADA: *Scalarituba* amb el reompliment del túnel medial consistent en una cadena doble de paquets de sediment.

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: A Sant Onofre (Baix Ebre), Can Albareda i Torrent del Terme (Baix Llobregat) i Pichegu (Rhône).

DESCRIPCIÓ: Pistes horitzontals amb secció el·líptica i amplada entre 5 i 9 mm. La traça està dividida en sectors discrets ordenats en dues fileres paral·leles. Aquests sectors corresponen a paquets de sediment acumulats activament pel productor. Aquests paquets són subovals a subquadrangulars. El traçat és en general menys sinuós que els de la icnospècie *missouriensis*. També s'han reconegut les dues formes preservacionals descrites per *S. missouriensis*, com a epirelleus i com a relleus complets.

DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: La taxonomia de *Scalarituba* i d'altres icnogèneres relacionats com *Neonereites* Seilacher i *Nereites* MacLeay, ha estat objecte de nombroses discussions. Alguns autors (Seilacher & Meischner 1965, Ekdale *et al* 1984, Fillion & Pickerill 1990) reconeixen que els tres icnogèneres són formes relacionades resultat de comportaments molt similars però consideren les característiques morfològiques prou diferents com per a mantenir-los com a taxons diferents amb rang genèric.

En canvi, altres autors han proposat la sinonímia d'alguns d'aquests taxons i d'altres. Chamberlain (1971) considera *Neonereites* i *Phyllodocites* com a sinònims juniors de *Scalarituba*, Autors posteriors (D'Alessandro & Bromley 1987, Uchnman 1995) amplien aquesta sinonímia i agrupen dintre d'un mateix gènere *Nereites*, *Scalarituba*, *Neonereites*, *Helminthoida* i *Phyllodocites*, sent *Nereites* el terme més antic i per tant vàlid. Aquesta agrupació és àmpliament justificada per Uchnman (1995) que considera com a caràcter diagnòstic significant (*significant diagnostic feature sensu* Fürsich 1974a) amb significat etològic i per tant vàlid a nivell genèric, la presència de un túnel central i una zona retreballada al voltant. Aquesta zona seria quasi absent a *Helminthoida*, petita i poc definida a *Scalarituba* i *Neonereites* i molt desenvolupada a *Nereites*.

La descripció original donada per Weller (1889, reproduïda a Conkin & Conkin 1968) per a la única espècie descrita del gènere *Scalarituba*, *S. missouriensis*, no fa referència a una envolta bioturbada i la fotografia de l'holotip (a Frey *et al.*, 1984, fig. 1a) mostra que si hi era present tenia un caràcter poc definit. Això sembla un criteri suficient per separar *Scalarituba* de *Nereites* que presenta uns lòbuls laterals molt característics i diferenciats (Häntzschel 1975). Aquesta diferència no és només morfològica sino que ha de reflectir uns diferents patrons de comportament.

Pel que fa a *Neonereites* la seva equivalència amb *Scalarituba* sembla més clara. A més dels autors ja citats també Chamberlain & Clark (1973) i D'Alessandro (1980) han proposat la sinonímia d'ambdós taxons. D'Alessandro (1980), a partir de l'estudi del material tipus de les dues icnospècies definides com a *Neonereites* per Seilacher (1960) conclou que *N. uniserialis* ha de ser considerat com un sinònim junior de *Scalarituba missouriensis*, mentre que *N. biserialis* correspon a una altra espècie de *Scalarituba*. *Neonereites* va ser definit (Seilacher 1960) com una estructura amb dos tipus de preservació. Com a epirelleu es preservaria la part interna de l'estructura constituïda per una cadena de petites depressions, mentre que com a hiporellu es preservaria la part externa de la mateixa en forma d'un conjunt de pústules corresponents a la superfície externa de l'hal·lo de bioturbació que envolta la cadena central. Els epirelleus són fonamentalment idèntics a *Scalarituba*, així que com ja va ser suggerit per D'Alessandro (1980) *Neonereites* i *Scalarituba* han de ser considerats sinònims.

Apart dels membres del "grup de *Nereites*", *Scalarituba* pot guardar certa similitut amb algunes traces meniscades com *Taenidium*. La diferència aquí es troba en la morfologia dels paquets de sediments que formen el reraompliment de la traça, que en *Scalarituba* no presenten un contorn clarament crescèntic tipus menisc, sinó més aviat subrectangular.

DISCUSSIÓ PALEOBIOLÒGICA I PALEOAMBIENTAL: *Scalarituba* és una traça de pastura produïda per organismes vermiformes sedimentívors infàunics que ingerien aliment i sediment i l'acumularien a a la part trasera del seu cos en forma de paquets discrets i ordenats. Gairebé totes les aparicions de *Scalarituba* corresponen a denses concentracions d'aquestes excavacions, sovint a sotre de nivells de deposició "instantània", el que suggereix el caràcter oportunista dels organismes productors. *Scalarituba* està considerat com una traça euribàtica poc característica des d'un punt de vista ambiental a gran escala, i és coneguda en depòsits des de mareals fins a abissals (Seilacher 1965, Hakes 1976, Fillion & Pickerill 1990). A l'àmbit geogràfic d'aquest treball es confirma aquesta tolerància ambiental ja que és una de les traces

amb una repartició més àmplia i és present en dipòsits corresponents tant a condicions de badia soma com a d'altres formats en una ria relativament profunda.

El grup de *Scolicia*

Dintre del grup de *Scolicia* s'inclouen un seguit d'estructures clarament atribuïbles a l'activitat d'equínids irregulars, que guarden gran afinitat taxonòmica amb *Scolicia* o que poden trobar-se íntimament relacionades malgrat tindre un significat etològic molt diferent (com *Cardioichnus*).

***Cardioichnus* Smith & Crimes 1983**

DIAGNOSI ESMENADA: Traça de repòs preservada com a hiporelleu positiu o, més rarament epirelleu negatiu en relació a nivells de gresos. Contorn ovoidal o subquadrat consistint en dos lòbuls laterals corbats que s'ajunten anteriorment i una àrea central deprimida en forma de V, de vegades rodejada per una dèbil vora. Pot ser contínua amb *Subphyllochora*, *Scolicia* i *Laminites* o presentar-se aïllada.

***Cardioichnus planus* Smith & Crimes 1983**

lãm. 2C

1983 *Cardioichnus planus*. SMITH & CRIMES p. 90-91, figs. 7A, 7C.

1992 *Cardioichnus* isp. GIBERT p. 56, 57, 60; fig. 19-21; lãm. 8 A-C.

DIAGNOSI: Espècie de *Cardioichnus* amb contorn subquadrat. Zona central en forma de V només feblement impresionada, més o menys plana i sense una vora fortament desenvolupada (Smith & Crimes 1983).

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: Únicament s'ha reconegut a Torrent del Terme (Baix Llobregat).

DESCRIPCIÓ: Es tracta d'hiporelleus convexes, amb contorn subquadrangular a oval, preservats a la base de nivells de sorres. Presenten simetria bilateral i estan constituïts per dos lòbuls longitudinals separats per un solc central poc profund. Aquest solc es transforma en una àrea deprimida en forma de V a la part posterior d'alguns exemplars. Pel que fa a les dimensions, s'han pogut diferenciar unes formes grans i unes petites amb algunes característiques particulars. Les formes grans tenen entre 6 i 8 cm d'amplada, mentre que la profunditat dels hiporelleus pot assolir fins a 2.5 cm. Aquestes formes presenten la depressió poc marcada i són contínues amb pistes tipus *Laminites*. Les formes petites mesuren al voltant de 2,5 x 2 cm i presenten

una clara depressió central en V. Aquestes apareixen en grups i no se les ha reconegut en relació a *Laminites*.

DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: *Cardioichnus* ha estat descrit originalment (Smith & Crimes 1983) i en altres treballs (Plaziat & Mahmoudi 1988) com a hiporelleus positius, però Gibert & Martinell (1994) han descrit també epirelleus negatius. *Rusophyscus* és una traça, com *Cardioichnus*, amb contorn ovoidal i bilobulada, però presenta la seva superfície intensament ornamentada per impressions lineals curtes que són absents a *Cardioichnus* i la separació entre els dos lòbuls és més acusada.

Tres espècies han estat definides dintre del gènere *Cardioichnus*: *C. planus* Smith & Crimes, *C. ovalis* Smith & Crimes i *C. foradaensis* Plaziat & Mahmoudi. *C. ovalis* es diferencia de *C. planus* per presentar una marcada vora al voltant de la depressió central, mentre que *C. foradaensis* es caracteritza per tenir dues esclatxes divergents a la part posterior.

***Laminites* Ghent & Henderson 1965**

DIAGNOSI: Grans excavacions (diversos cm d'amplada) subcilíndriques a bilobades, preservades com a relleus complets, amb reompliment meniscat format per fines làmines alternativament clares i fosques. A la part basal mostra una certa morfologia trilobada i superiorment un solc axial (lleugerament modificat de Plaziat & Mahmoudi 1988).

***Laminites* isp.**

làm. 2C, 3G

1992 *Subphyllochora* isp. GIBERT p. 58-60; fig. 20-22; làm. 8 A-B

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: Freqüent a Can Albareda (Baix Llobregat) i La Valmagna (Rosselló) i rar a Torrent del Terme (Baix Llobregat) i Saint Isidore (Var).

DESCRIPCIÓ: Es tracta de pistes horitzontals subcilíndriques amb simetria bilateral i secció transversal ovoidal d'amplada entre 4 i 6 cm i alçada entre 2 i 3 cm. Es presenten com a relleus complets en la part inferior de nivells de sorres, sent el més evident, en molts casos, les parts basals de les traces que apareixen com hiporelleus positius. La seva trajectoria és horitzontal i suaument corbada, sense arribar a ser sinuosa. El rebliment és actiu i de tipus menisc, constituït per làmines crescèntiques d'1-2 mm, còncaues en direcció anterior. Aquest reompliment és alternantment més sorrenc o més argilós encara que domina la fracció sorrenca. En secció transversal els meniscs es manifesten en l'estructura concèntricament laminada de la traça.

Exteriorment es reconeixen fines estriacions transversals que corresponen als límits perifèrics de les làmines del menisc. A la part basal de la traça aquestes estriacions mostren dues lleus inflexions que donen lloc a dues petites crestes que segueixen longitudinalment la traça. *Laminites* isp. es troba habitualment associat a *Cardioichnus planus* amb el que mostra continuïtat.

DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: *Laminites* es diferencia d'altres pistes meniscades pel seu tamany molt major i per les peculiaritats del seu reompliment meniscat que presenta aspecte trilobat a la base i bilobat a la part superior de la traça.

La seva relació amb les traces del grup de *Scolicia* va ser posada de manifest per Plaziat & Mahmoudi (1988) i això ha fet que altres autors (Uchman 1995) l'hagin considerat només una variant preservacional de *Scolicia* i per tant el seu sinònim junior. Això serà més àmpliament discutit més endavant pel conjunt dels taxons del grup. Els exemplars de *Laminites* isp. no poden ser atribuïts a *L. katiensis*, la única espècie definida pel gènere (Ghent & Henderson 1966), ni diferenciats d'aquesta sense un estudi del material tipus.

***Scolicia* De Quatrefages 1849**

DIAGNOSI: Pista preservada com epirelleu negatiu meandriforme amb forma d'àmplia U amb base i murs laterals. La majoria de la base mostra una alternança senzilla o biseriada de làmines, però les parts marginals són llises, alguns cops consistents de cordons de sediment. Murs laterals amb làmines corbades, amb la superfície còncava anterior i pendent (Smith & Crimes 1983).

***Scolicia* isp.**

REPARTICIÓ GEOGRÀFICA: A Sant Onofre (Baix Ebre) i Saint Isidore (Var).

DESCRIPCIÓ: *Scolicia* isp. és una pista horitzontal preservada com a epirelleu en nivells de gresos. L'amplada de la traça oscil·la entre 1.5 i 3.5 cm. Presenta simetria bilateral i està constituïda per tres lòbuls. El lòbul central és convex i els dos laterals concavos. El lòbul central té una amplada entre 7 i 10 mm i presenta un reompliment actiu bimeniscat que en algun cas sembla correspondre a dos cordons molt pròxims. Els lòbuls laterals presenten làmines orientades transversalment i corbades anteriorment als marges de la traça. Les pistes es corben suaument i sovint cobreixen les superfícies on es troben sobreposant-se unes a altres.

DISCUSSIÓ TAXONÒMICA: Dintre del grup de *Scolicia*, Häntzschel (1975) va incloure diversos icnogèneres similars. La validesa d'aquests gèneres, per a alguns autors

sinònims juniors de *Scolicia* (Uchman 1995) i per altres gèneres diferenciats (Smith & Crimes 1983, Plaziat & Mahmoudi 1988), és motiu de discussió i serà tractat més endavant.

La taxonomia a nivell específic del gènere *Scolicia* necessita d'una exhaustiva revisió que queda fora dels objectius d'aquest treball. El número d'espècies és molt elevat i en molts casos les seves descripcions originals de difícil accés. Això fa que s'hagi optat per no otorgar una classificació al rang d'icnospècie pel material estudiat.

DISCUSSIÓ PALEOBIOLÒGICA I PALEOAMBIENTAL DEL GRUP: Diverses traces poden ser incloses dins del grup de *Scolicia*, incloent traces de locomoció o pastura (*Scolicia*, *Laminites*, *Subphyllochora*, *Taphrhelminthopsis*, *Bichordites*) i estructures de repòs genèticament relacionades (*Cardioichnus*). Les característiques fonamentals de les primeres (reompliment actiu meniscat, secció transversal ovalada i presència d'1 o 2 cordons centrals) encaixen molt bé amb les estructures produïdes per equínids irregulars, especialment del grup dels espatangoïdeus. L'activitat bioturbadora dels representants actuals d'aquests grups i les seves adaptacions a aquest tipus de vida han estat estudiades per diversos autors (Howard *et al.* 1974, Bromley & Asgaard 1975, Smith & Crimes 1983, Smith 1984, Kanazawa 1992). Aquests organismes viuen en fons de sediment, tant epifàunicament com infàunica. Són animals vàgils fonamentalment detritívors que obtenen l'aliment per excavació en el sediment. L'organisme excava a la part anterior i transporta el material al voltant del seu cos acumulant-lo a la part posterior i seleccionant les partícules alimentícies. L'excavació, transport i locomoció és portada a terme per l'acció de diferents tipus de radioles (Smith & Crimes 1984). Durant l'avanç per l'interior del sediment, l'organisme manté un túnel de drenatge obert a la part posterior que permet augmentar la irrigació de la cavitat que ell ocupa. L'estructura resultant d'aquesta activitat són excavacions subcilíndriques, meniscades i amb un o dos cordons centrals (corresponents als túnels de drenatge), comparables als taxons fòssils del grup de *Scolicia*. *Cardioichnus* és una traça de repòs que per la seva forma ja suggereix un equínid irregular com a organisme productor. A més a més, la seva íntima relació amb traces meniscades tipus *Laminites* o *Scolicia*, posa de manifest la identitat en el productor d'ambdues estructures.

Així doncs, la relació entre les traces del grup *Scolicia* i els equínids irregulars espatangoïdeus és prou clara. Malgrat això, el rang stratigràfic d'alguns dels gèneres del grup (*Scolicia*, *Taphrhelminthopsis*) comença molt abans de l'aparició dels primers equínids infàunics al Cretaci (Smith 1984). Segons Smith & Crimes (1983) caldria una anàlisi detallat de les "*Scolicia*" precretàciques per determinar les seves

posibles diferències amb les atribuïbles a equínids, ja que altres organismes (holotúries, gasteròpodes, etc.) també poden produir estructures similars a *Scolicia*, o fins i tot estructures que poden ser considerades com *Scolicia* (Häntzschel 1975).

Les traces del grup de *Scolicia* tenen una àmplia dispersió ambiental i es coneixen tant de sorres litorals com de dipòsits tipus *flysch* (Smith & Crimes 1983, Plaziat & Mahmoudi 1988, entre d'altres). La seva presència és indicadora de l'existència de equínids, fet que permet reconèixer condicions de salinitat normal.

LA TAXONOMIA DEL GRUP I ELS CONDICIONANTS TAFONÒMICS. La categoria sistemàtica dels diferents taxons inclosos dins del grup de *Scolicia* i les seves possibles sinonímies han estat objecte de discussió per diversos autors. Häntzschel (1975) va ser el primer el parlar del grup de *Scolicia* on incloïa diversos icnogèneres entre els que estaven *Scolicia* i *Subphyllochora*. Malgrat reconèixer la similitud entre ambdós no els va considerar veritables sinònims. Posteriorment Ksiazkiewicz (1977) també va mantenir separats ambdós gèneres. El mateix criteri segueixen Smith & Crimes (1983) amb els gèneres *Scolicia*, *Subphyllochora* i també *Taphrhelminthopsis*. Plaziat & Mahmoudi (1988) inclouen dos gèneres més, *Laminites* i *Bichordites*, dins del grup i també mantenen els precedents. En canvi Uchmann (1995) considera tots aquests icnogèneres, excepte *Bichordites*, com sinònims sent l'únic taxó vàlid a nivell genèric *Scolicia*. Aquest autor considera que tots corresponen a un mateix comportament i no són més que variacions preservacionals controlades per factors tafonòmics. El control tafonòmic també es reconegut per altres autors (Smith & Crimes 1983, Plaziat & Mahmoudi 1988) encara que suggereixen que els factors tafonòmics podien haver induït a lleugeres modificacions etològiques. Així doncs, *Laminites* resultaria de l'activitat d'un organisme en un medi homogeni i donaria lloc a relleus complets, mentre que la producció de *Scolicia*, *Subphyllochora* i *Taphrhelminthopsis* tindria lloc en una interfase sorra/argila i per tant es preservarien com a semirelleus. Depenent de la posició a base o a sostre dels nivells sorrencs donaria lloc a hiporelleus (*Subphyllochora* i *Taphrhelminthopsis*) o epirelleus (*Scolicia*). Malgrat el control tafonòmic en la formació d'un o un altre icnotaxó, s'ha considerat interessant retenir els diferents icnogèneres com a diferents degut a la seva implantació en la literatura i a la seva utilitat per diferenciar morfologies molt diferents.

