

Descripció paleoambiental de les Margues de Coll de Malla, Eocè marí de Vic

Pseudònim: Ilex

2n de Batxillerat XXX

Institut XXX

Departament de Ciències Naturals

Tutelat per: XXX XXX

Curs: 2017-2018



Índex

1. AGRAÏMENTS.....	1
2. INTRODUCCIÓ.....	2
3. OBJECTIUS.....	3
4. HIPÒTESI.....	5
5. MARC TEÒRIC.....	6
5.1 Marc conceptual.....	6
5.1.1 Ecosistema i paleoambient.....	6
5.1.2 Erosió i sedimentació.....	7
5.1.3 L'escala temporal geològica.....	13
5.1.4 Els fòssils.....	15
5.1.5 L'estratigrafia.....	17
5.2 Història geològica de la Península Ibèrica i Catalunya.....	21
5.2.1 Era Primària o Paleozoic.....	22
5.2.2 Era Secundària o Mesozoic.....	23
5.2.3 Era Terciària o Cenozoic.....	25
5.3 La Plana de Vic i el Massís transversal.....	28
5.3.1 Litologia de la zona.....	28
5.3.2 Estratigrafia de la Plana de Vic i el Massís Transversal..	31
5.3.3 Els cingles de la Vall del Ter.....	39
6. PRÀCTIQUES.....	59
6.1 Pràctica 1: observació de la sèrie estratigràfica.....	59
6.2 Pràctica 2: recollida i identificació de fòssils.....	61
6.2.1 Recollida de mostres.....	61
6.2.2 Identificació de les mostres.....	63
7. INTERPRETACIÓ PALEOAMBIENTAL.....	72
8. CONCLUSIONS.....	79
9. ANNEXOS.....	81
10.REFERÈNCIES.....	102

Agraïments

Aquest projecte no hagués estat possible sense l'ajut de diverses persones. Per aquest motiu, vull mostrar-los la més sincera gratitud per haver contribuït desinteressadament en el treball. Agraïco, en primer lloc, l'ajuda i el suport del meu pare, aficionat a la paleontologia, per haver-me facilitat informació i haver-me posat en contacte amb altres entesos. Han contribuït facilitant informació, així, col·leccionistes com XXX XXX, XXX XXX, col·laborador del Museu Geològic del Seminari de Barcelona i XXX XXX, geòleg. Vull donar les gràcies, també, a la meva tutora del projecte, la geòloga XXX XXX, per haver fet el seguiment del treball i haver-me assessorat durant la seva realització. Dono les gràcies a l'investigador del CEAB, Dr. XXX XXX, per haver-me facilitat informació sobre la taxonomia d'organismes marins actuals. Finalment, m'agradaria agrair moltíssim l'ajuda que he rebut per part del Dr. XXX XXX, de la Facultat de Ciències de la Terra de la UB, per haver-me donat un cop de mà en la identificació de fòssils, la interpretació paleoambiental i la crítica del treball. Dono les gràcies al Dr. XXX XXX, de la mateixa facultat, per haver acceptat la meva petició d'ajuda i haver-m'hi posat en contacte.

Introducció

Un dels principals pilars que donen importància científica a l'estratigrafia i la paleontologia és el que poden aportar aquestes disciplines al coneixement del passat de la Terra. De la mateixa manera que el que se sap del present pot ajudar a comprendre els processos del passat, conèixer els esdeveniments que hi van tenir lloc també aporta informació valuosa. Aquesta informació pot ser de gran utilitat per entendre com s'ha arribat a la situació geològica i biològica actual i quina serà la seva evolució en el futur.

En aquest treball es fa un estudi estratigràfic de l'Eocè marí de l'antiga Conca de l'Ebre i els seus fòssils, al centre de Catalunya. Se'ls utilitza, conjuntament amb la informació proporcionada per les roques, com a eina per a desxifrar les característiques biòtiques i abiòtiques dels ambients i ecosistemes que van habitar. Al llarg de tot el projecte, es resumeix la història geològica de la Península, amb especial èmfasi en el Terciari; i s'explica la geologia i estratigrafia de la Plana de Vic i Guillerics. També es profunditza més, pel que fa a l'estratigrafia, en els materials del Cenozoic, i en especial en els marins. Un estudi d'aquest registre i del material fòssil, atesa la seva hipotètica biologia, permet fer una interpretació del paleoambient.

El fet d'haver escollit l'eocè de Vic com a objecte d'estudi per al projecte es basa en diverses raons. En primer lloc, els afloraments es localitzen en una zona propera a l'àrea metropolitana i ben comunicada, de manera que resulten d'accés ràpid i relativament fàcil. En segon lloc, es tracta de materials del període Cenozoic, és a dir, que són més aviat moderns geològicament parlant. Això implica que han estat poc alterats des de la seva formació i que mantenen una estructura i posició fàcilment reconeixibles, molt similars a les originals. Oimés, pel mateix motiu, els organismes que visqueren en aquella època foren evolutivament propers als actuals. Per tant, es poden identificar i correlacionar amb la fauna moderna sense massa complicacions. Així doncs, es dedueix força bé quins haurien estat els seus trets biològics, i això permet obtenir informació molt fiable i valuosa. Una altra característica que fa molt atractiu aquest registre sedimentari és la riquesa d'ambients que abarca i la possibilitat d'observar tan bé la seva evolució temporal. Per si no fos prou, els fòssils hi són abundants i inclouen una biocenosi¹ molt rica i canviant, que evoluciona lligada als canvis que es produeixen a l'ambient sedimentari.

¹ Conjunt d'organismes que formen part d'un ecosistema.

Objectius

Un dels principals objectius que em plantejo a l'hora de realitzar un treball de recerca de geologia és el d'obrir-me les portes al coneixement d'aquesta disciplina. Em considero un devot de les ciències, però l'ensenyament que he rebut en geologia és escàs. Conseqüentment, m'agradaria tenir la oportunitat d'aprofundir-hi una mica més, ja que sempre m'ha despertat la curiositat i l'interès. Tot i tenir-ne una vaga idea, desconec, a hores d'ara, quins estudis cursaré en acabar el Batxillerat. Així doncs, espero que tot el pugui aprendre en aquest projecte em guïï en aquesta decisió.

Molt relacionat amb aquest primer, el segon objectiu consisteix en familiaritzar-se amb la forma i el mètode de treball en aquesta àrea de coneixement, concretament en l'estratigrafia i la paleontologia. Això implica aprendre a identificar i diferenciar al camp les formacions, nivells, tipus de roques i restes fòssils – a grans trets, els objectius descrits a les pràctiques del projecte-.

Centrant-me ja en el sí del projecte, l'objectiu més important d'aquesta recerca consisteix en arribar a una reconstrucció paleoambiental. Aquesta se centra en els diversos nivells d'una formació litoestratigràfica margosa anomenada F. de Coll de Malla, que destaca per la seva riquesa fòssilífera en nombrosos grups d'invertebrats. La intenció del projecte és aconseguir, a través de la informació litològica i paleontològica, una descripció el més detallada possible d'aquest ambient i la seva evolució temporal. Aquesta informació s'obtéindrà per mitjà de material publicat i serà recolzada pels resultats obtinguts a les pràctiques de camp.

El fet de voler arribar a aquest objectiu n'implica un altre, reunir bibliografia. Així doncs, el quart és el de fer una revisió del material bibliogràfic publicat fins ara - relatiu a la formació i als seus fòssils-, així com a la interpretació i reconstrucció paleoambiental. Abans d'abordar un tema és necessari aprendre'n primer tot el que n'és conegut, evitant així errors innecessaris en la formulació d'hipòtesis, interpretacions o conclusions.

La informació reunida en aquest projecte i la seva descripció paleoambiental haurien de servir, també, com a eina de divulgació. Qualsevol persona de fora de l'àmbit de les ciències de la Terra i sense tenir-ne massa coneixements previs hauria de poder-lo comprendre. El projecte, al seu torn, hauria de facilitar la comprensió del passat del nostre territori i la seva història. Penso que és important que el públic general estigui informat de què és la geologia, què representa i quina és la seva importància. És quelcom rellevant, i més ara que sembla gaudir (si és que es pot dir així) d'una imatge no massa bona ni adequada al que és en realitat.

El fet que els projectes de recerca de batxillerat en l'àrea de geologia siguin tan escassos va ser un altre dels motius que em va encoratjar a decantar-m'hi. Sense insinuar ni

pretendre res, espero que el meu, i el d'altres estudiants inquietats per les ciències de la Terra, serveixin per despertar l'interès per la geologia a futures generacions.

Hipòtesi

La informació que s'ha pogut recollir de la literatura revisada i els coneixements previs sobre la paleontologia i estratigrafia de Vic han resultat molt determinants en el plantejament d'una hipòtesi. Això ha permès predir sense massa complicacions, malgrat que amb algunes incerteses, quins seran els resultats de les pràctiques i de la caracterització del paleoambient.

Tenint en compte això, s'espera el següent:

- Pel que fa a les pràctiques de mostreig de restes fòssils, s'espera trobar als afloraments, cap a la base de les marges, un o més nivells de concentració. S'establirà com a referència un d'aquests nivells. S'espera trobar-hi, de forma relativament abundant, restes de grups variats d'invertebrats com mol·luscs, crustacis i equinoderms.
- Per concordança amb la bibliografia consultada, s'espera que els resultats de la interpretació paleoambiental s'acostin a una plataforma marina soma. En aquest ambient s'hi haurien dipositat materials d'origen deltaic més o menys fins – depenent dels estrats- durant un llarg període de temps en què els seus tres sedimentològics haurien anat evolucionant. La biocenosi podria variar en funció del nivell, passant d'ambients sorrencs i carbonàtics a d'altres de fons fangosos, malgrat que hi hauria hagut en tot moment una fauna bentònica diversa i abundant.

Així doncs, la meua hipòtesi és trobar a les Margues de Coll de Malla una fauna fòssil rica en invertebrats que permeti interpretar un paleoambient de plataforma marina soma.

Marc teòric

Marc conceptual

Abans de començar amb el propi objecte del treball, considero que convé fer alguns aclariments. A continuació defineixo una sèrie de conceptes essencials per a la bona comprensió del projecte i del seu sentit.

Ecosistema i paleoambient

Un ecosistema, a grans trets, es pot definir com un conjunt d'organismes vius que es relacionen entre ells i amb el medi que habiten, dins d'una complexa xarxa d'interaccions mútues. Dins de tot el ventall d'interaccions que existeixen, les relacions tròfiques – és a dir, aquelles relatives a l'alimentació- destaquen com a unes de les més importants i representatives. És més, s'utilitzen per a fer representacions simplificades de l'estructura dels ecosistemes, les anomenades xarxes tròfiques –malgrat que també s'empra aquest concepte per a definir el conjunt de real de relacions tròfiques d'un sistema-.

En les comunitats aquàtiques, en especial les marines, es poden dividir els organismes en tres grups en funció del seu estil de vida. S'anomena bentos a les comunitats d'organismes, ja siguin sèssils² o mòbils, que viuen sobre un substrat sòlid, al fons de les masses d'aigua. Per altra banda, els organismes que viuen flotant a la columna d'aigua s'anomenen pelàgics. Reben el nom de plàncton als organismes pelàgics microscòpics que viuen en suspensió, movent-se de forma passiva. Les comunitats d'organismes pelàgics macroscòpics que es desplacen activament conformen el nècton.

També resulta interessant fer un petit apunt sobre el factor fòtic en els ecosistemes marins. Quan la llum solar travessa una columna d'aigua, aquesta és absorbida desigualment (unes longituds d'ona més fàcilment que d'altres) seguint el patró d'una funció logarítmica. No obstant, aquest coeficient d'extinció de la llum és altament variable per presència de plàncton i partícules en suspensió als oceans. Per tant, la profunditat a la que arriba la llum pot canviar molt en funció d'aquests factors. El que està clar és que quan la llum incideix sobre una massa d'aigua, com ara el mar, s'atenua cada vegada més fins a extingir-se completament a una determinada profunditat. S'anomena zona fòtica l'àrea que comprèn des de la superfície de la massa d'aigua fins a la profunditat màxima on arriba la llum solar. La zona que va des de la profunditat de màxim abast de la llum fins al fons (és a dir, la zona que es troba completament a les fosques), s'anomena zona afòtica. Això significa que no tots els organismes fotosintètics s'adapten a viure a les mateixes profunditats de la zona fòtica, ja que posseeixen

² Organismes de mobilitat molt reduïda que viuen fixats al substrat.

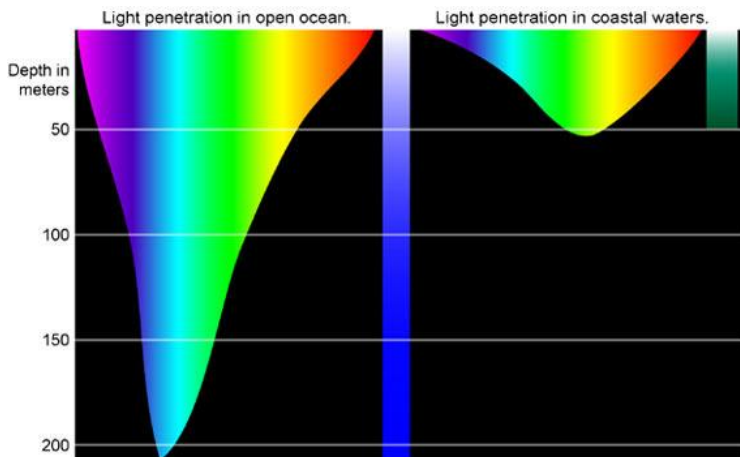


fig.1. Penetració de la llum a l'oceà. Font: referència 44

diferents graus d'il·luminació. A més, no poden habitar per sota de la seva frontera (zona afòtica). Per tant, aquest fet condiciona des de la base les comunitats d'organismes que s'instal·len en cada zona i els ecosistemes que estableixen.

Paleoambient és el terme utilitzat per a referir-se al conjunt de trets físics i químics, geològics i

geogràfics, climatològics, biològics i ecològics que caracteritzaren un indret en un determinat moment del passat geològic. Amb la finalitat d'ensenyar-ho al públic d'una forma gràfica i fàcil d'imaginar, solen fer-se treballs artístics que mostren de forma representativa l'aspecte aproximat que haurien tingut els paleoambients.



fig.2. Representació artística d'un bosc juràssic. Font: referència 44

Erosió i sedimentació

Quan es parla d'agents erosius es fa referència a qualsevol procés o dinàmica, normalment natural, que produeixi una abracció o deteriorament sobre els materials del relleu. Aquests processos poden ser tant de naturalesa física com química. Els primers tenen més rellevància pel que fa als materials de l'Eocè de la plana, tot i que els segons també hi són presents. Els tres agents erosius físics més significatius a nivell global són el moviment d'aigua líquida (ja sigui en ambients fluvials, subterranis o marins), aire (vent) i glaciers; definint així, tres tipus d'erosió física: hídrica, eòlica i glacial.

Així doncs, es defineix erosió com l'efecte de desgast que produeixen aquests agents sobre el sòl i les superfícies rocoses. A causa de la importància d'aquests processos en la dinàmica geològica terrestre, es qualifica l'erosió d'agent modelador extern del relleu.

Els materials terciaris de la Plana de Vic i rodalies, així com el seu contingut fòssil, es troben estretament relacionats amb els processos d'erosió i sedimentació hídrica, tant continental o fluvial com, sobretot, marina. En el primer dels casos, l'abracció és provocada per un flux d'aigua que circula enèrgicament i arrossega materials solts. Aquests xoquen els uns amb els altres o són arrossegats per sobre superfícies rocoses. El fregament dels uns amb els altres provoca el seu trencament en parts més petites i el

desprendiment de petits fragments de superfícies més grans. Aquests processos tenen lloc, generalment, en indrets amb un cert pendent, com ara els cursos alts dels sistemes fluvials, ja que es requereix que l'aigua es mogui amb força i rapidesa. A continuació, aquest sediment és transportat per la corrent fins a zones més planes on l'energia ja no és suficient per a continuar-los arrossegant (o bé fins a quedar atrapat en algun obstacle). Normalment això succeeix en regions de l'escorça que han estat deprimides, sovint, per processos tectònics; i de vegades fins al punt de ser envaïdes pel mar. És el que s'anomena una conca sedimentària.

En el cas de l'erosió marina, el procés és molt similar. L'onatge arrossega fragments de material que fa xocar contra els penya-segats i les parets rocoses de la costa, provocant la seva abrasió des de la base. En el cas de penya-segats alts, quan es forma una cavitat prou important a la base, els materials superiors cedeixen i es desprenen per caure a la superfície abrasiva. Allà continuen sent deteriorats i fragmentats. Posteriorment, l'onatge i els corrents marins transporten el sediment generat, més el sediment terrígen que puguin aportar els rius, per dipositar-lo en altres zones de la costa o en plataformes marines.

Nogensmenys, és molt difícil separar en grups els processos de sedimentació hídrica, ja que tots formen part d'un gran sistema interconnectat i sense divisions, la hidrosfera. Així doncs, per exemple, la major part de materials que sedimenten al mar provenen de l'aportació feta pels rius i torrents que hi desemboquen, i no pas de la pròpia erosió marina.

Donada la diversitat de circumstàncies diferents que caracteritzen la sedimentació, es poden establir gran varietat dels anomenat ambients sedimentaris. Es tracta de sistemes sedimentaris on pot observar-se multitud de condicions diferents, encara que tots els processos estiguin relacionats entre ells i depenguin d'una mateixa font. En funció d'aquestes condicions, s'estableixen els medis sedimentaris o litòtops. Per definició, un medi sedimentari és una regió de l'escorça terrestre que es correspon a una determinada unitat geomorfològica³. Es diferencia de les seves àrees circumdants des del punt de vista físic, químic i biològic. No cal esmentar que en aquest indret han de donar-se processos sedimentaris per a poder-lo anomenar així. Tanmateix, aquests es produeixen arreu i sempre deixen algun tipus d'evidència, malgrat que en algunes condicions la prevalença de l'erosió no permet acumulacions significatives. Hi ha una llista de models estipulats dels medis sedimentaris més típics. No obstant, només n'esmentaré alguns.

Els ambients sedimentaris, a banda de poder-se separar depenent de la naturalesa de la sedimentació (física, química...) o de l'agent modelador responsable (glacial, hídrica, eòlica...), també es poden diferenciar en funció de l'indret on s'esdevenen. A grans trets,

³ Unitat de relleu.

s'agrupen segons si tenen lloc en zones continentals i sense influència marina, en zones marines, o bé en zones continentals costaneres, que reben la influència del mar. S'anomenen respectivament, continentals, marins i de transició (terrígen d'influència marina). Dins d'aquest últim grup, destaca la rellevància dels ambients relacionats amb els sistemes deltaics. Un delta és un accident geogràfic derivat de l'acumulació d'ingents quantitats de material sedimentari davant la desembocadura d'un curs d'aigua. Els materials transportats pels rius sedimenten a les desembocadures o a prop d'aquestes, en funció de la seva mida, formant capes d'estrats. Aquesta acumulació de materials genera un creixement de la costa cap a mar endins – sempre que l'erosió sigui menor-. A mesura que els materials nous arriben, aquests es dipositen al fons marí, sobre els antics. Així doncs, als marges de la desembocadura es produeix una pèrdua progressiva de profunditat fins arribar a igualar o superar lleugerament el nivell del mar. Al mateix temps, es dona un creixement important en l'eix lateral. Aquest desenvolupament és conegut amb el nom progradació deltaica.

S'hi poden diferenciar diverses parts. A les zones planes del curs baix dels rius sol començar la sedimentació dels materials més gruixuts, ja molt a prop de la costa. Aquests indrets reben el nom de planes al·luvials. El cos sedimentari que sobresurt de la costa endinsant-se al mar s'anomena plana deltaica. Per últim, el marge de sediments que es dipositen sota el nivell del mar, al voltant de les zones emergides, és anomenat prodelta o front deltaic. Malgrat que els deltes són les formacions més típiques quan es parla de la desembocadura de grans cursos fluvials, aquestes estructures no sempre es desenvolupen. Hi influeixen factors com ara la quantitat de sediment aportat, el tipus de curs fluvial i la seva permanència, o les corrents marines i l'onatge.

Tal i com ha estat explicat, els rius arrosseguen sediments de totes les mides quan l'energia de l'aigua que transporten és prou elevada. Nogensmenys, a mesura que aquests s'apropen a la seva desembocadura a la costa, el relleu sol tornar-se progressivament menys marcat, i en conseqüència, l'energia de l'aigua també disminueix de forma proporcional. A mesura que té lloc la pèrdua energètica, el pes dels materials més grollers venç la força de l'aigua, produïnt-se la seva sedimentació. Aquest fenomen té lloc de forma esglaonada, depositant-se en primer lloc les partícules més grosses, com els còdols, seguides de les de gra mitjà, com les sorres, i finalment les més fines, les argiles. Depenent de la distància de la desembocadura, es produeix de forma separada la sedimentació dels uns o dels altres, de manera que es generen medis sedimentaris diferenciats. Les capes sedimentàries generades més a prop de la desembocadura reben el nom de fàcies proximals, i les que es formen en àrees més allunyades, fàcies distals. A les zones més properes es dipositen els materials més grollers, que amb el temps donen lloc a conglomerats –planes al·luvials i planes deltaiques-. En un radi major es dipositen materials sorrencs, que formen els gresos –planes deltaiques i platges-. Finalment, sedimenten les argiles, arribant a distàncies considerables –prodelta-. Són les responsables de la formació de lutites i margues. No

obstant, aquests dos últims ambients es poden estendre a grans distàncies dels deltes i desembocadures, resseguint bona part de la costa. Fora de l'àrea d'influència deltaica, les plataformes marines somes, foren, en molts mars eocènics, un ambient de precipitació de carbonats. L'acumulació d'aquest precipitat és el que avui dia existeix com a roca calcària.

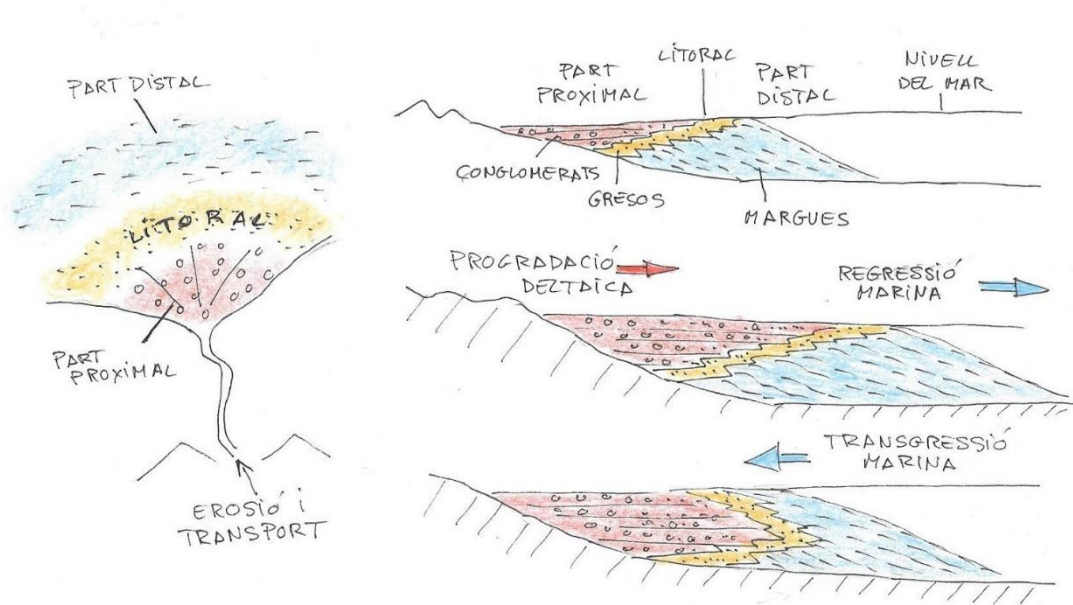


fig.3. Representació de la progradació deltaica. Font: referència 3

Les variacions de la línia de costa i la relació entre els processos sedimentaris i els erosius determina els patrons que segueixen aquests materials en depositar-se. Quan no tenen lloc processos erosius significatius i la línia de costa tendeix a avançar en direcció al continent (el que s'anomena una transgressió), les fàcies es dipositen les unes sobre les altres mentre experimenten un desplaçament lateral en la mateixa direcció. En les mateixes condicions però amb una tendència de retirada de la costa (el que s'anomena una regressió), les capes es dipositen sobre les més antigues amb un desviament progressiu cap a l'interior de la conca. Això origina el que rep el nom de, en el primer cas, recobriment expansiu (o patró *onlap*), i en el segon cas, recobriment retractiu (o patró *offlap*). Aquests processos estan regulats pels moviments eutàstics i moviments epigènics. Els primers es basen en la variació del nivell del mar. Els segons, en els efectes de l'activitat tectònica, erosiva i sedimentària. Segons com es combinin, es produeixen uns patrons sedimentaris o uns altres. Són més complexos i diversos quan el nivell del mar tendeix a l'estabilitat i la tectònica no produeix elevacions ni esfondraments del terreny. En aquests casos, queden com a úniques variables l'erosió i l'aport sedimentari.

A causa dels esmentats fenòmens, les formacions litoestratigràfiques que en resulten no s'estenen horitzontalment, sinó amb una orientació lleugerament diagonal. Tampoc

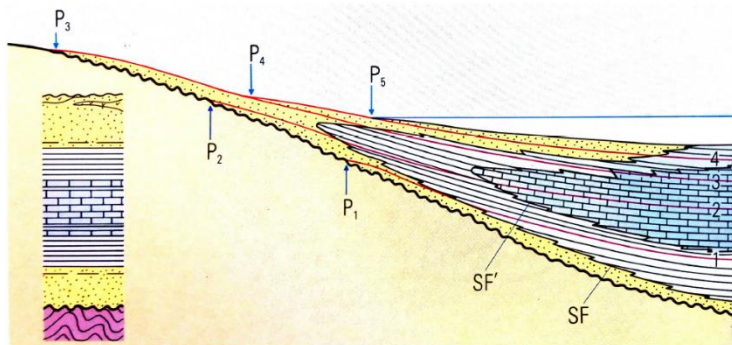


fig.4. Representació del registre d'un cicle sedimentari complet. Font: referència 2

són cronològicament uniformes (per tant, no tenen perquè ser-ho biològicament) al llarg de la seva extensió longitudinal. En el cas d'un sistema transgressiu, les fàcies més internes de la conca són les més antigues. En el cas d'un sistema regressiu succeeix l'oposat. La periodicitat de

successives transgressions i regressions al llarg del temps dóna lloc a seqüències sedimentàries que es repeteixen asimètricament. Aquestes seqüències reben el nom de cicles, ciclotemes o ritmes. Així doncs, un cicle complet contempla la seqüència sedimentària sencera, amb el recobriment expansiu (o sistema transgressiu) i el recobriment retractiu (o sistema regressiu). Aquests sistemes engloben, sovint, seqüències sedimentàries de menor envergadura. Sol tractar-se de ritmes estacionaris que es repeteixen de forma més o menys cíclica. Alguns científics creuen que podrien ser degudes a petits canvis en el règim de precipitacions produïts pels cicles de Milankovitch. Altres teories, com la de la biorexistència, ho expliquen a través de canvis en la cobertura vegetal que protegia el sòl de l'erosió.

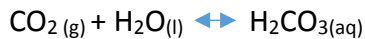
També seria interessant comentar un parell de processos d'erosió i sedimentació química, potser els més importants de tots ells, ja que es tracta dels responsables de la formació d'alguns dels materials de la plana. Aquest tipus de meteorització afecta a roques formades per minerals solubles en aigua o que, tot i no ser-hi solubles, poder ser alterats per formar compostos que sí que ho són.

En el primer cas, les sals hidrosolubles presents al sòl i a les roques de la superfície són dissoltes per l'aigua de pluja, que les transporta pels cursos fluvials fins als mars i oceans. Allà s'han anat concentrant des de l'inici de l'existència de la hidrosfera. En determinades condicions, una badia o un mar interior pot quedar aïllat de l'oceà a causa de l'activitat tectònica, fent que el seu règim hídric esdevingui endorreic⁴. Si això se li suma que l'aportació d'aigua dolça a la conca és inferior a la taxa d'evaporació, aquest llac salat va perdent aigua, però no les sals que hi ha dissoltes. Així doncs, la concentració de soluts augmenta progressivament fins que aquests comencen a cristal·litzar en sobrepassar el punt de saturació. Si hi ha una nova aportació d'aigua salada i aquest procés es repeteix reiteradament, al fons de la conca es van formant successives capes

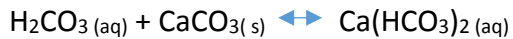
⁴ Aïllat de la resta de conques hídriques.

d'estrats que acaben donant lloc a les roques sedimentàries conegudes com a evaporites. Les més comunes d'aquest tipus són els guixos i les anhidrites (sulfat de calci), l'halita (clorur de sodi) i la silvita (clorur de potassi).

En el segon cas, es fa referència a roques constituïdes per carbonats, principalment les calcàries (carbonat de calci) i les dolomies (carbonat de calci i magnesi). Aquests compostos no són solubles en aigua pura, però poden ser atacats per àcids. Degut al contacte de l'aigua de la pluja amb l'atmosfera, s'hi produeix la dissolució de petites quantitats de diòxid de carboni, donant lloc a àcid carbònic segons l'equació que segueix:



Aquest àcid carbònic reacciona amb els carbonats de les roques i forma hidrogencarbonats, que sí són hidrosolubles. A continuació, es mostra l'equació de la reacció entre l'àcid carbònic i el carbonat de calci:



No obstant, a causa de la baixa solubilitat del diòxid de carboni en aigua i a la reversibilitat de la primera reacció, els hidrogencarbonats són molt inestables. La quantitat de carbonats que es pugui mantenir dissolta depèn principalment de tres factors. En primer lloc depèn directament de la quantitat de CO_2 dissolt. Aquest és el paràmetre més important. A més concentració de CO_2 , més alt és el punt de saturació dels carbonats, a menys concentració, més baix és el punt de saturació. Tot i això, també hi influeixen altres factors. La relació entre el valor del PH i la solubilitat dels carbonats és inversament proporcional; és a dir, a més baix el PH, més alta la solubilitat (la concentració de CO_2 també el modifica, disminuint el PH en augmentar-la). Finalment, les temperatures i les pressions més altes també augmenten la seva solubilitat (cal pensar que, al seu torn, la temperatura i la pressió modifiquen la solubilitat del CO_2). Quan es produeixen petits canvis ambientals que disminueixen la solubilitat del diòxid de carboni, es reverteix la reacció. Els productes són diòxid de carboni gasós i carbonats sòlids, que precipiten sobre qualsevol superfície. Aquests processos poden observar-se en el modelat del relleu càrstic⁵.

Els organismes vius també juguen un paper molt important en la precipitació de carbonats. El carbonat de calci és molt dur, abundant a la natura, (de fet, en alguns medis aquàtics es troba dissolt en altes concentracions) i precipita amb facilitat sota determinades condicions. Totes aquestes característiques el converteixen en un compost ideal perquè els organismes l'utilitzin per a formar teixits i estructures dures. Així doncs, són molts els animals (i també vegetals) que, a través de processos

⁵ Tipus de relleu que es desenvolupa en les formacions calcàries per la dissolució i precipitació dels carbonats de les roques.

bioquímics, fan precipitar aquest compost a sobre o dins del seu organisme. Destaquen per la seva capacitat de fixar carbonats invertebrats com els coralls i els mol·luscs o les algues calcàries, que en tots tres casos poden arribar a formar autèntiques acumulacions. Quan els organismes moren, els seus teixits orgànics es descomponen, però els components minerals dels seus cossos persisteixen indefinidament i s'acumulen en fons marins somers. En ecosistemes productius, els gruixos de restes poden arribar a ser prou importants per a formar, amb el temps i després de processos de diagènesi⁶, roques calcàries.

En les plataformes marines d'alguns mars tropicals, les aigües posseeixen altes concentracions de carbonats dissolts, en ocasions properes o inclús majors que el punt de saturació. En aquests mars, les condicions ambientals solen ser favorables a la sedimentació dels carbonats fins a una profunditat anomenada lisoclina, que avui ronda els 4500m (tanmateix, ha patit variacions importants al llarg de la història del planeta). A partir d'aquesta fondària, els carbonats són inestables i les condicions fisico-químiques afavoreixen la seva dissolució. Així doncs, els dipòsits de calcàries marines no es formen mai en la mar profunda, sinó que tendeixen a fer-ho en aigües més aviat someres. A més de la pròpia sedimentació química que es pugui donar, la fauna bentònica d'aquests ambients poc profunds també afavoreix l'acumulació de dipòsits calcaris. Aquests ambients sedimentaris són coneguts com a plataformes marines carbonatades. Com ja ha estat comentat, les esmentades condicions es donen només en zones tropicals, i avui dia es troben restringides a algunes regions del Mar del Carib i de la costa índica d'Oceania. No obstant, haurien estat molt més extenses en èpoques passades en què el clima de la Terra fou més benigne.

L'escala temporal geològica

Fins l'arribada de la revolució científica a l'època moderna, tot el coneixement sobre la història del planeta es basava en el que contaven els relats bíblics. No va ser ben bé fins al segle XVII que alguns científics com el geòleg Niels Stensen – o més tard, inclús filòsofs, com el cèlebre Immanuel Kant- van adonar-se que, atenyent-se als coneixements de l'època, resultava impossible explicar la formació de la Terra i molts fenòmens geològics si el planeta fos realment tan jove com s'havia interpretat fins aleshores. Com es torna a comentar a l'apartat dedicat a l'estratigrafia, Steno fou un dels primers científics, si no el primer, en concloure que l'edat de la Terra havia de ser necessàriament molt més avançada. Ho va teoritzar basant-se en l'estudi de les roques sedimentàries, els estrats i els fòssils, malgrat que les idees esteses en la seva època i el pes social de l'Església no van permetre que això s'acceptés a la comunitat científica. Gairebé dos segles més tard, el naturalista Charles Darwin, famós per la que va ser molt controvertida Teoria de l'Evolució, va seguir el mateix itinerari que el seu antecessor per arribar a unes

⁶ Procés a través del qual es forma una roca sedimentària a partir d'un sediment.

conclusions molt similars. De fet, aquestes es convertirien en un dels arguments més importants per defensar-la.

Una de les primeres persones en fixar l'edat de la Terra basant-se en criteris científics fou el físic escocès William Thomson, també conegut com a Lord Kelvin. Tenint en compte que la Terra havia estat un cos totalment fos, més calent, va calcular el temps que hauria calgut per a que es refredés fins a l'estat actual, atorgant-li una edat compresa entre els 20 i els 400 Ma. Els seus càlculs resultaren erronis, entre d'altres coses, per haver negligit múltiples factors influents en el refredament. Així doncs, a mesura que s'anaven fent descobriments científics i es realitzaven nous càlculs, la data de la formació de la Terra es va anar endarrerint cada vegada més.

La ciència moderna ha desenvolupat tècniques de datació absoluta que permeten situar en el temps la formació de la Terra amb molta fiabilitat. Els anomenats mètodes radiomètrics es basen en la presència de traces d'elements radioactius en les roques. Coneixent el temps de semidesintegració radioactiva⁷ d'un d'aquests elements, es pot calcular l'edat de qualsevol roca mesurant la proporció dels seus isòtops en la mostra. Gràcies a aquestes tècniques, avui dia s'han pogut datar alguns dels materials més antics del planeta, així com meteorits provinents del cinturó d'asteroides. Això ha permès marcar aquesta data ara fa uns 4600 milions d'anys. El desenvolupament de ciències com l'astronomia, que ha arribat a l'estimació de l'edat del Sol, també ha aportat arguments i proves sòlides per defensar-ho.

El problema sorgeix perquè l'escala temporal que tradicionalment hem traçat els humans només comprèn la nostra història i, per tant, només permet anar segles o, com a molt, mil·lennis enrere. Els processos geològics són tan extremadament lents que aquesta resulta del tot insuficient per parlar-ne. Amb tal de poder referir-se de forma molt més còmoda a temps passats molt anteriors a la existència humana, de desenes o centenars de milions d'anys, existeix una escala temporal feta expressament per al camp de la geologia. És l'escala temporal geològica, que abasta des de la formació de la Terra fins avui dia. Aquests 4600 milions d'anys es divideixen en una sèrie de períodes temporals que, al seu torn, es parteixen en subdivisions i així successivament. Les divisions no són regulars, ja que en comptes de regir-se per intervals de temps, es marquen en funció d'esdeveniments o canvis importants en la història del planeta. Així doncs, l'escala es parteix en quatre grans blocs que són anomenats eons, que al seu torn es parteixen en eres. Les eres es divideixen en períodes, els períodes en èpoques, i les èpoques en edats. La unitat temporal més utilitzada en geologia és el milió d'anys, abreviat Ma., i com a tal s'utilitza per a referenciar els intervals de temps geològics. Amb

⁷ Temps que tarda un isòtop radioactiu en perdre la meitat de la seva massa atòmica.

la finalitat de representar aquesta escala i poder-ne fer un ús més còmode, se sol representar en una taula que anomenada taula dels temps geològics⁸.

Els fòssils

Què és un fòssil?

Anomenem fòssil a les restes mineralitzades o els indicis de l'activitat d'un organisme que va viure en un passat llunyà –fa, com a mínim, uns quants milions d'anys- conservats en roques sedimentàries. Si es tracta de restes que es corresponen directament als teixits d'un ésser viu o part del seu cos, es parla de somatofòssils. Per altra banda, si es tracta d'un altre tipus de resta biològica –closques d'ou, fems, etc.- o d'indicis de l'activitat d'un organisme –petges, rastres, galeries, signes de l'activitat d'arrels, etc.- s'anomenen icnofòssils. Ja que en condicions normals qualsevol resta orgànica – entenent com a resta orgànica qualsevol resta que pugui deixar una forma de vida morta, óssos inclosos- es descompon per l'acció de microorganismes o es deteriora lentament a causa de processos físics i químics, la fossilització és un fenomen excepcional. La gran majoria de restes conegudes fins ara es corresponen a parts dures dels organismes, teixits de sosteniment de composició força mineral. Es deterioren a un ritme extremadament més lent que les parts toves. De fet, aquestes últimes gairebé sempre es descomponen sense deixar rastre llevat de casos molt excepcionals.

El procés de fossilització

Els procés tafonòmic o de fossilització pot produir-se sota condicions molt diverses, sempre que inhibeixin el deteriorament. No obstant, el més comú és que, després de la descomposició de les parts toves, les restes dures quedin directament sepultades entre sediments i aïllades del medi extern. En altres casos, els organismes deixen marques sobre el sediment que, si no són esborrades, queden sepultades per més materials i romanen intactes. Les restes es deterioren o no en funció de les condicions de sedimentació, les característiques químiques del sediment i els processos de diagènesi. Les millors condicions sedimentàries per a la fossilització solen donar-se en ambients aquàtics i on es produeixi l'acumulació de materials fins. En medis terrestres, les restes orgàniques són més susceptibles a ser destruïdes per agents físics, químics i biològics. Com més fi sigui el sediment, millor es preservaran les restes. A més groller, més fàcil serà que els fregaments i els aixafaments causats per la compressió dels materials els faci malbé.

Donat el cas que les condicions siguin favorables, se succeeixen una sèrie de processos químics que transformen les restes i en permeten la conservació a llarg termini. La fossilització pot dur-se a terme a través de mecanismes diversos. En primer instància, hi ha el cas en què es conserva el material mineral original tal i com va ser sedimentat. Es

⁸ Veure annex XIX.

dóna en els fòssils més moderns. No obstant, el cas més freqüent és aquell en què es produeix un canvi químic. Aquest pot donar-se per:

- a) **Substitució:** Es produeix una substitució molècula a molècula dels components minerals de la resta pels del sediment. Pot conservar-se, o no, l'estructura original. Per exemple, és el cas de la piritització d'alguns ammonits.
- b) **Reemplaçament.** N'hi ha dos casos. En el primer, alguns components químics originals es perden progressivament mentre es produeix un enriquiment en altres, també originals. Per exemple, en la carbonització dels vegetals. En el segon cas, no varia la composició química de les restes, però es produeix una reorganització cristal·lina dels minerals que les formen. És dóna en fòssils calcaris i silícics.
- c) **Impregnació i incrustació:** S'usen aquests termes per a descriure els fòssils que, en qualsevol dels casos anteriors, ha estat recoberts per una capa de precipitat mineral.
- d) **Conservació indirecta:** Les restes es dissolen en la seva totalitat, malgrat que el sediment que les envoltava i les omplia queda més compactat i carbonatitzat que la resta, quedant un motlle de l'espai que havien ocupat. És un cas freqüent en gastròpodes.



fig.5. Insecte conservat en àmbar. Font: referència 44

Altres condicions són les anomenades de conservació excepcional. Inclouen, la congelació en glaceres o *permafrost* i la momificació per immersió en àmbar o en asfalt. En aquests últims casos pot arribar a preservar-se la totalitat del cos de l'organisme fossilitzat, incloent les parts toves i delicades. En rares ocasions, també pot quedar la silueta d'organismes tous marcada en el sediment, sempre que sigui molt fi.

Pel que fa als icnofòssils, la seva formació i preservació és més senzilla. En la majoria dels casos, consisteixen en rastres, marques o alteracions del substrat. Si unes marques en el sediment són immediatament sepultades sense alterar-ne l'estructura, hi ha possibilitats que romanguin intactes durant molt de temps. Això és el que va passar, per exemple, amb les famoses petjades de dinosaure de Coll de Nargó. Les alteracions en el substrat solen ser provocades per organismes excavadors. En remoure el sediment i crear-hi galeries, aquestes són emplenades amb un sediment més fi que el que l'envolta, deixant una marca distingible inclús després de processos de diagènesi. El terme bioturbació s'utilitza per a definir l'abundància d'aquestes marques en les roques.

Paleontologia i fòssils guia

La paleontologia és una ciència mixta, entre la geologia (estratigrafia) i la biologia (biologia evolutiva). Es dedica a buscar evidències de l'existència d'organismes en el passat geològic de la Terra. Estudia els fòssils i els utilitza com a eines per conèixer el passat geològic i explicar les formes de vida modernes.

Les espècies no només se situen en un punt determinat de l'escala temporal, sinó que també es troben lligades a un tipus determinat d'hàbitat. Per aquesta raó, a part de ser una eina de datació, els fòssils també proporcionen dades sobre els ambients sedimentaris i el paleoclima de la Terra. Aquests grups taxonòmics usats com a marcs de referència s'anomenen fòssils guia. Les condicions que han de complir per a tal de poder seu utilitzats amb aquesta finalitat són diverses. En primer lloc, han de presentar una ràpida evolució – que pot acabar, o no, en extinció-, o el que és el mateix, un rang d'existència temporal geològicament curt. D'aquesta manera, la seves restes tenen una extensió vertical molt limitada dins el registre sedimentari, marcant un amb exactitud un moment determinat. Tanmateix, convé que la seva expansió territorial i adaptabilitat a ambients diferents fos extensa, preferiblement cosmopolita. Una espècie relegada a un ambient i una àrea molt concreta no tindria sentit com a fòssil guia, ja que difícilment podria utilitzar-se com a eina de comparació entre diferents afloraments sedimentaris. És convenient, també, que els individus siguin petits i abundants per a facilitar la recollida de mostres. Oimés, el tàxon ha de ser fàcilment identificable i diferenciable d'altres grups emparentats.

Uns dels organismes que compleixen millor tot aquest seguit de condicions són els foraminífers, un grup de protozous marins amb esquelet mineral. La seva abundància i diversitat durant el Cenozoic els fa especialment indicats com a fòssils guia d'aquesta era.

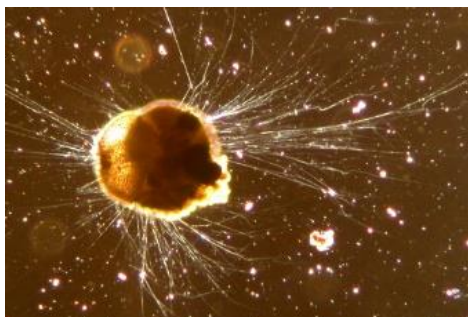


fig.6. Fotografia d'un foraminífer actual. Font: referència 44

L'estratigrafia

L'estratigrafia és una ciència derivada de la geologia que s'especialitza en l'estudi dels estrats i de les formacions i roques sedimentàries. Estudia la seva datació, la seva història i els processos que donen lloc a la seva formació. Un dels seus principals objectius és la reconstrucció del passat del nostre planeta. Ja que els fòssils solen presentar-se en roques sedimentàries, la paleontologia aporta molta informació valuosa a l'estratigrafia. Es tracta de dades, sobretot, relatives al tipus d'ambient en què sedimentaren els materials d'una formació determinada o de l'època en què ho feren.

Un dels grans científics que van contribuir a l'establiment d'aquesta disciplina fou el danès Niels Stensen, també conegut com a Steno. Les seves teories sobre la formació de

les roques sedimentàries i dels fòssils resultaven idees extremadament avançades per la seva època (segle XVII) i no es van acceptar, malgrat que van ser ratificades més endavant. A partir de l'estudi dels fòssils, va ser un dels primers científics en sospitar que la Terra no podia ser tan jove com hauria afirmat l'Església.

Abans s'ha parlat sobre els mètodes de datació absoluta, a través dels quals es pot mesurar el temps real transcorregut entre la formació d'una roca i l'actualitat. No obstant, aquests procediments són molt costosos i requereixen d'aparells especialitzats als quals es difícil tenir accés. Existeixen altres mètodes de datació molt més pràctics i assequibles, molt utilitzats i estesos en ciències com l'estratigrafia (de fet, la datació n'és un dels pilars més importants). Es tracta dels anomenats mètodes de datació relativa. Es basen en la comparació de diferents formacions, les quals com a mínim d'una ja se'n té alguna informació. Establint analogies amb les unes i les altres es pot desxifrar gran quantitat d'informació cronològica, determinar anterioritat, contemporanitat o posterioritat d'una roca o estrat respecte d'un altre. Inclús es poden fixar dates numèriques en cas que algun dels elements comparats hagi estat datat amb mètodes absoluts o se'n conegui l'edat indirectament a través d'aquests.

A continuació es defineixen alguns dels principis fonamentals d'aquesta ciència.

Les unitats estratigràfiques

S'entén com a formació o unitat estratigràfica un gran bloc sedimentari dels materials del qual posseeixen una sèrie de trets generals en comú. En el terme *unitat litoestratigràfica*, la partícula *lito-* fa referència a la roca. Per tant, es parla d'una unitat sedimentària on predomina un mateix tipus litològic (o bé una combinació) de forma més o menys homogènia i sense interrupcions significatives. Els materials són també del mateix origen i solen seguir una línia cronològica contínua, encara que no de forma necessària. Al seu torn, les unitats litoestratigràfiques poden separar-se, si escau, en subdivisions anomenades membres. Amb el mateix criteri, es poden definir unitats bioestratigràfiques i unitats cronoestratigràfiques. En el cas de les unitats bioestratigràfiques, poden subdividir-se en biozones amb una fauna i/o flora determinada. Tanmateix, són rars els casos en què aquests horitzons apareixen de forma ininterrompuda. En la majoria dels casos, es troben separats per intervals on les restes fòssils són escasses o inexistents. Reben el nom d'intrazonas estèrils. De la mateixa manera, existeixen el que es coneix com a zones d'apogeu o nivells de concentració, on les restes fossilitzades són més abundants que en els materials adjacents. També són freqüents els casos en què determinats grups de fòssils, a causa de compartir època i ambient, apareixen associats. Aleshores es pot definir el que es diu una cenozona.

Estrats i fàcies

S'anomena estrat un paquet o capa més o menys uniforme i diferenciable que es troba dins d'una acumulació sedimentària. Aleshores, també es pot definir com a unitat de

sedimentació contínua (cronològicament) i uniforme (quant al seu contigut). També és força emprat el terme “fàcies”, que admet algunes accepcions. En primer lloc, pot usar-se per a definir un estrat o un conjunt d’estrats diferenciats de la resta, dins s’un conjunt estratigràfic. Es parla, doncs, d’un conjunt sedimentari que presenta uns trets minerals, petrogràfics i paleontològics molt particulars i homogenis. En segon lloc, també és utilitzada, en el nivell interpretatiu, per a definir paleoambients o conjunts estratigràfics que s’hi corresponen. Nogensmenys, el seu ús més freqüent és aquell en què es defineix com a variació lateral d’una formació estratigràfica. I és que, de fet, aquest fenomen és molt comú. Ja que les unitats estratigràfiques solen estendre’s al llarg de grans superfícies, no és estrany que, a una certa magnitud de distància, presentin variacions horitzontals. Aquestes variacions poden ser tan qualitatives (tipus de roca, presència de determinats minerals, contingut fòssil, paleoambient, etc.) com quantitatives (gruix o potència).

Discordança

Quan un registre sedimentari ha estat interromput per qualsevol motiu i, per tant, aquest no es mostra de forma contínua i inalterada, es parla de discontinuïtat. N’hi ha de diversos tipus. Es parla de no-conformitat per referir-se a un límit en el qual la sèrie contacta amb una formació rocosa no sedimentària, normalment preexistent. La discordança angular és aquell límit en el què una sèrie contacta amb una altra on els estrats posseeixen una disposició diferent als de la primera. Sol donar-se quan un conjunt sedimentari antic és canviant de posició o deformat per les forces tectòniques i, a posteriori, sepultat per nous materials. Un altre cas és l’anomenada disconformitat. Té lloc en el contacte entre dues sèries quan la superfície de la més antiga ha estat erosionada abans que es reprengui el règim sedimentari. Finalment, es troba la paraconformitat o hiat, nom que rep la discordança temporal. Es dona quan la sedimentació és interrompuda durant un període de temps significatiu i, posteriorment, represa.

Principis de l’estratigrafia

Segons el **principi de superposició d’estrats**, els estrats o capes de sediment que conformen les roques es disposen de forma que les inferiors són les més antigues i les superiors les més modernes. Per lògica, s’entén que unes han anat sedimentant sobre les altres. Aquest principi sol ser vàlid en la majoria de casos, però no sempre quan els estrats han estat deformats o canviats de posició per algun procés tectònic. És un dels principis proposats per Steno al segle XVII.

De forma similar, el **principi de successió d’esdeveniments** afirma que qualsevol fenomen geològic és posterior als materials que afecta.

El **principi de l'actualisme** sol ser aplicat a la geologia general i és un dels més importants. Fou formulat al segle XVIII pel geòleg escocès James Hutton, en forma del que es coneix com a "uniformitarisme". Segons la concepció uniformitarista, els processos que avui dia succeeixen a la Terra són els mateixos que tingueren lloc en el passat. A més, es produïen a la mateixa velocitat i intensitat, llevat de catàstrofes puntuals i fenòmens excepcionals. Tanmateix, també considera el planeta un sistema en evolució i canvi constant que descriu una història única i irreplicable. Tot i haver estat encunyada per Hutton, idees similars ja havien estat plantejades per pensadors i científics que el precediren, com per exemple el cèlebre Da Vinci. A principis de segle XIX, Charles Lyell desenvolupà la idea i en féu difusió en forma del que avui es coneix com a Principi de l'actualisme. Aquest canvi de paradigma a l'hora de concebre el planeta no va limitar la seva repercussió en el camp de la geologia. El mateix evolucionisme de Darwin n'és un exemple.

Com que els processos geològics del passat foren els mateixos o molt similars als d'avui dia, tenen les mateixes conseqüències i deixen les mateixes evidències. Aplicant-ho a la paleontologia, s'hipotetitza que les formes de vida arcaïques es regien per les mateixes lleis biològiques que les modernes. Es dedueix, a més, que desenvoluparen unes funcions vitals i un nínxol ecològic equivalent a les actuals. D'aquesta manera que es pot obtenir informació de la seva biologia i ecologia comparant-les amb espècies vives. Aquest principi és més fiable, eficaç i fàcil d'aplicar com més moderns siguin els organismes d'estudi, bàsicament, per la seva proximitat amb els organismes coneguts.

L'actualisme també ha estat un punt clau en el desenvolupament de models sedimentaris. Es tracta d'esquemes deduïts amb els quals s'interpreten els dipòsits sedimentaris per associar-ne la formació a un determinat litòtop. Així només ha estat possible, evidentment, gràcies a que s'ha observat els ambients sedimentaris moderns, el seu funcionament i el testimoni que deixen.

Moltes vegades s'observen, a la natura, evidències que aparenten estats extrems d'un mateix fenomen. Inclús poden aparentar inconnexes. Tanmateix, l'observació i la recerca han trobat, en molts casos i amb el temps, múltiples estats intermedis entre els extrems. Pot ser el cas, per exemple, d'una roca sedimentària que esdevé metamòrfica. Es poden trobar roques sedimentàries i roques metamòrfiques, i aquestes aparenten materials sense cap relació. No obstant, la descoberta d'estats intermedis a mig metamorfitzar rebel·la que una és originada per l'altra després d'un procés. En base això, el **principi dels estats intermedis** postula que molts fenòmens geològics es desenvolupen al llarg de transformacions insignificants i molt progressives. Nogensmenys, en una escala de temps de magnitud suficient, l'acumulació d'aquests petits canvis produeix una diferència significativa en relació al punt de partida.

Com en altres casos, aquest principi no es limita exclusivament a la ciències de la Terra com a tals. També s'aplica a la biologia evolutiva i a la paleontologia en la recerca dels

anomenats “esglaons perduts”. Es tracta de fòssils que marquen la transició d’uns grups taxonòmics a d’altres de completament diferents. És un fenomen que es dona quan determinades branques aïllades de l’arbre evolutiu muten i desenvolupen adaptacions a un ritme, tot i que molt lent, més ràpid de l’habitual.

Totes les formes de vida passen per l’anomenat cicle evolutiu, el qual consta de sis fases: aparició, desenvolupament, dispersió, predomini, declinament i extinció. El **principi de successió faunística** es basa en el fet que les espècies evolucionen al llarg de l’escala temporal geològica, en la qual tenen una durada limitada. S’adapten, evolucionen, s’extingeixen i en sorgeixen de noves en un procés irreversible. En conseqüència, l’aparició i desaparició dels fòssils té un ordre dins la sèrie estratigràfica, succeint-se de manera unívoca i irrepètible. Els diferents fòssils que sorgeixen en les roques sedimentàries varien verticalment igual que els estrats, en funció de l’època en què sedimentaren, mentre que, de forma aproximada, mantenen una constància lateral. És conseqüència directa del fet que cada organisme habita en una època i en un litòtop determinat i, per tant, es correspon a un estatge sedimentari determinat. No obstant, són moltes les espècies que han viscut períodes geològics relativament llargs i poden trobar-se en altures molt diferents d’una unitat estratigràfica o inclús en diferents unitats (sempre que les condicions del paleoambient s’hagin mantingut més o menys constants). La idea va ser plantejada pel geòleg anglès William Smith, considerat un dels pares de l’estratigrafia. Altres científics, com els francesos Cuvier i Brogniart, també van estudiar el valor dels fòssils en l’estratigrafia. També van ser algunes les personalitats que, des d’un punt de vista més conservador, es van negar a acceptar la idea de l’evolució. Es formularen diverses hipòtesis al voltant del catastrofisme i les creacions successives, tot i que més tard foren desbancades.

Aquest principi resulta molt útil en la datació relativa de roques i estrats. Si contenen fòssils dels quals es coneix el rang temporal d’existència, es pot arribar a establir la data de la seva formació amb força exactitud. A més, poden indicar un tipus determinat d’ambient sedimentari i inclús aportar dades sobre el paleoclima a nivell global i regional. Així doncs, es pot obtenir molta informació d’una sèrie estratigràfica establint correlacions fòssils amb una altra sèrie de cronologia i ambient de formació coneguts.

Història geològica de la Península Ibèrica i Catalunya

Abans de començar a explicar el propi objecte del treball, uns afloraments fossilífers molt concrets, considero que escau fer una petita contextualització per entendre millor allò del que parlaré. Així doncs, abans de posar-me a discutir sobre els Cingles de Tavertet, El Far i formacions veïnes és convenient conèixer la seva història, saber d’on surten els materials que les integren, què havien estat en diferents etapes del passat, com van evolucionar i sota quines condicions geològiques i climàtiques. Només així serà possible entendre perquè avui som testimonis d’una orografia que no s’assembla en res

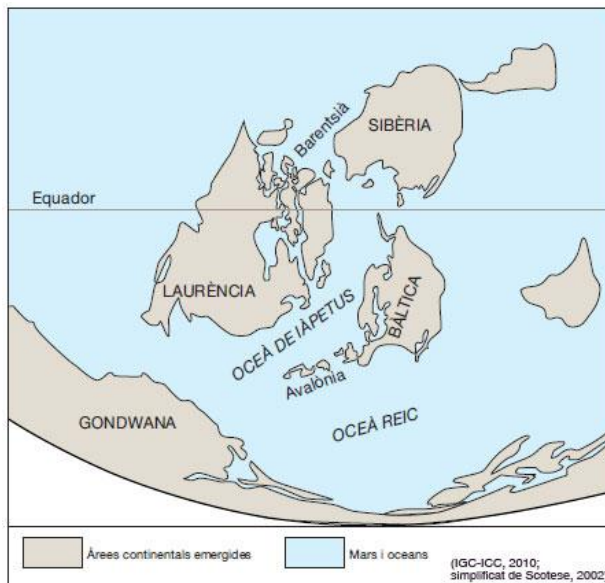


fig.7. Situació estimada de les terres emergides fa 440 Ma.
Font: referència 26

deformen, se subdueixen, es fragmenten, etc. Evidentment, tots aquests processos tenen importants conseqüències sobre l'orografia, la geologia i el clima de la Terra, essent els responsables que totes aquestes característiques evolucionin al llarg del temps.

Era Primària o Paleozoic

A partir de la datació de meteorits procedents del cinturó d'asteroides, s'estima que el nostre sistema solar i, per tant, la Terra, té una edat aproximada d'uns 4600 Ma. No obstant, les roques més antigues que trobem al planeta, els cratons, han estat datades amb uns 3900 Ma., així doncs, es formaren durant el Precambrià.

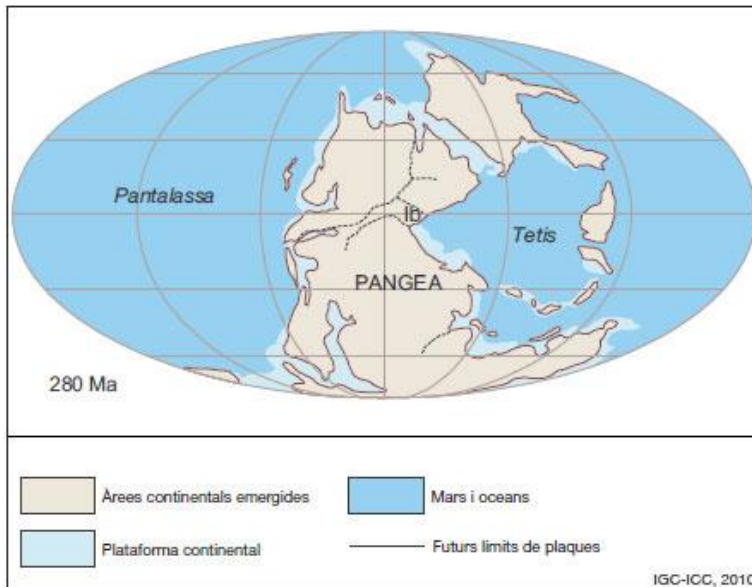
Com que al nostre territori no resta pràcticament cap vestigi tan antic (o en tot cas és tan insignificant que el podem passar per alt), tansols faré un petit apunt d'aquest supereó i tractaré directament l'inici del Fanerozoic com un principi. De fet, les roques més antigues que s'han datat al Principat es formaren ara fa 580-560 Ma. Cal comentar però, que amb anterioritat ja s'havien produït importants processos geològics a nivell planetari deguts a la deriva continental. És el cas, per exemple, del Cicle Cadomià, que es desenvolupà entre 750 i 480 Ma. enrere, i del qual sí trobem petits vestigis a la Península.

Fa aproximadament 600 Ma, totes les terres emergides del Planeta s'aglomeraven en un supercontinent anomenat Pannòtia, que duraria uns 120 Ma abans de fragmentar-se. Quan això succeeix, se separen de Gondwana⁹ (la regió meridional del continent) tres grans masses de terra que anomenem Bàltica, Laurència i Sibèria (es desplacen cap al nord). És l'inici d'un gran procés orogènic, el Cicle Hercinià o Varisc. Durant tot aquest

⁹ Fent referència al Gondwana paleozoic o Proto-Gondwana.

temps, la Placa Ibèrica és una zona submergida (encara que a finals de l'Ordovicià passa per un petit període d'emersió) on s'acumulen dipòsits de sediments. Entre els períodes Devonià i Carbonífer, la placa esdevé una plataforma marina on es fixen carbonats a les zones somes -per acció de l'activitat biològica- i se segueixen dipositant sediments a les zones més profundes.

Ja entrats al Carbonífer, té lloc la reunificació dels continents com a conseqüència del mateix Cicle Varisc. L'orogènesi genera una intensa activitat tectònica, plegaments i



processos metamòrfics, volcànics i intrusius. A Ibèria continuen acumulant-se sediments d'origen continental a causa de la formació de nous relleus. Quan el cicle finalitza cap a finals del període, tenim de nou un sol supercontinent anomenat Pangea, envoltat d'una gran massa oceànica, Pantalassa. Ara Ibèria es troba emergida al centre d'un gran golf situat a la zona oriental del

continent, el Golf de Tetsis. Limita pel nord amb la futura Placa Europea, per l'oest amb la Placa Nord-americana i pel sud amb la Placa Africana. A l'est hi té el Mar de Tetsis. Cap a la transició del Carbonífer amb el Permià, l'orogènesi varisca és afectada per un intens episodi erosiu. Al mateix temps, té lloc una dinàmica tectònica extensiva que dóna lloc a la formació d'alts estructurals i conques intramuntanyoses, on els sediments al·luvials es poden acumular. Les esmentades conques esdevenen àrees lacustres i pantanoses que propicien el desenvolupament exuberant de la vegetació, tal i com testimonien actuals dipòsits de carbó. A la zona que correspon a l'actual Pirineu s'hi desenvolupen processos volcànics.

Era Secundària o Mesozoic

La fragmentació de Pangea per una sèrie de fractures formades al Permià i Carbonífer marca l'inici del Cicle Alpí. Aquest nou procés orogènic que començà al Triàsic continua encara avui dia. Durant el procés de fragmentació, uns 50 Ma després del seu inici (finals del Triàsic) i durant el Juràssic, s'obren una sèrie de valls riftianes que possibiliten la formació de les grans plaques tectòniques modernes i la separació dels continents. De tots aquests processos de deriva continental cal destacar el començament de l'obertura de l'Oceà Atlàntic.

Anàlogament, la dinàmica tectònica extensiva també ha obert fractures a la Placa Ibèrica que han originat sistemes de falles i valls de rift. Algunes d'aquestes valls es localitzen a

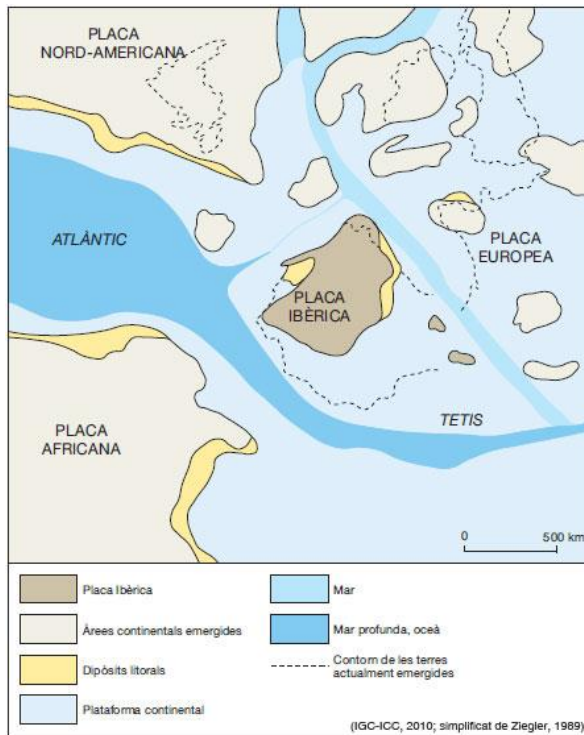


fig.9. Situació de la Placa Ibèrica durant la fragmentació de Pangea. Font: referència 26.

l'actual situació dels Pirineus, el Sistema Bètic, el Mar d'Alboran i l'Estret de Gibraltar. En provocar un aprimament de l'escorça, afavoreixen l'ascensió de materials volcànics. Al llarg d'aquest període, a l'inici del Mesozoic, les zones topogràficament baixes de la Placa Ibèrica constitueixen planes al·luvials que periòdicament són inundades pel mar. Quan això succeeix es converteixen en plataformes marines somes on es formen esculls i es dipositen fangs. Quan es troben emergides, esdevenen extenses planes desèrtiques i zones àrides entollades on sedimenten sals, guixos, carbonats i argiles. En aquest moment, a la Placa Ibèrica existeixen dos massissos emergits: el Massís Ibèric, predecessor de l'actual Meseta; i el

Massís de l'Ebre, que s'estenia per les zones orientals de l'actual conca de l'Ebre, sud dels Pirineus i Golf de Lleó.

Al llarg del període Juràssic, gran part d'Ibèria es troba submergida sota unes aigües somes colonitzades per nombrosos invertebrats. Hi trobem grans plataformes continentals poc profundes on sedimenten fangs i roques carbonàtiques. Cap a finals del període, les costes meridionals d'Ibèria disten uns 500 km del continent africà i l'Oceà atlàntic es troba connectat amb el Mar de Tetis, el virtual Mediterrani. A la zona pirinenca es localitza una vall de rift molt profunda envaïda pel Mar de Tetis, divisió entre la Placa Ibèrica i Europa.

Cap a l'inici del Cretaci s'obra l'Atlàntic Nord i la placa Nord-americana es propaga cap a l'oest, allunyant-se d'Ibèria i Europa. A finals del Cretaci inferior, fa uns 100 Ma, la Placa Ibèrica s'individualitza en diverses sub-plaques circumdants limitades per falles de salt. El solc pirinenc s'obre pel golf de Biscaia i s'obre en direcció a l'Atlàntic. La placa Ibèrica realitza un moviment de rotació antihorari respecte de l'europea, provocant que el solc que les separa s'eixampli per l'oest i s'estrenyi cap a l'est. L'expansió atlàntica continua.

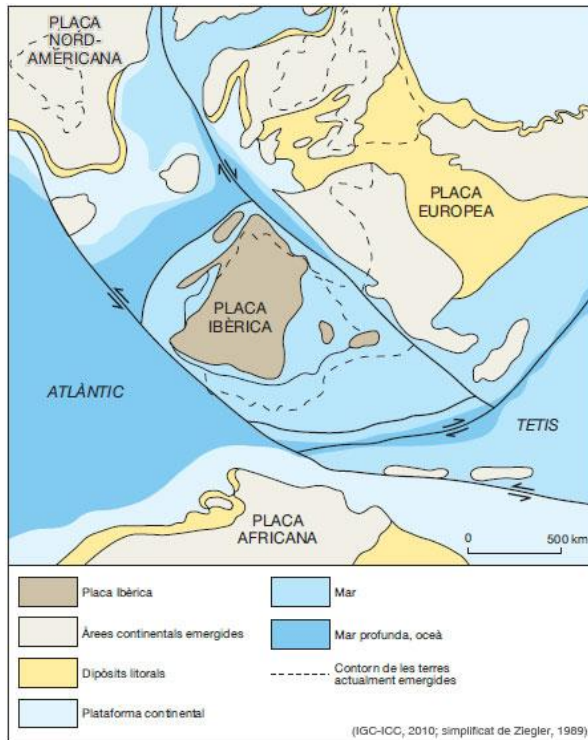


fig.10. Situació de la Placa Ibèrica a finals del Cretaci inferior. S'observa el sistema de falles que l'envolta. Font: referència 26

La superfície emergida d'Ibèria augmenta respecte de la del Juràssic, la major part de la qual forma part del Massís Ibèric. Al llarg de les costes es desenvolupen abundants sistemes deltaics i maresmes que proveeixen de sediments clàstics les zones més profundes de la plataforma continental. Sota les aigües més somes, creixen barreres d'esculls que afavoreixen la precipitació de carbonats. A mitjan del Cretaci Superior la Placa Africana es desplaça cap al nord rotant en sentit antihorari. Aquest moviment provoca el tancament de part del Mar de Tetis i empeny la Placa Ibèrica cap al nord, que col·laciona amb l'Europea. Les forces de compressió produeixen grans pressions als marges d'ambdues, fent que els materials comencin a deformar-se. El

plegament comença en la regió oriental dels Pirineus per anar-se desplaçant cap a l'oest, fet que origina els primers traços de l'actual serralada. Ara l'àrea emergida de la placa és propera a l'actual. Segueixen havent-hi aparells deltaics que acumulen els materials transportats pels grans rius, malgrat que no abasten l'àrea de les plataformes continentals, on sedimenten argiles i carbonats.

Era Terciària o Cenozoic

Cap al Cretaci Superior i el Paleocè, la major part de la placa està per sobre del nivell del mar i s'exposa a una forta erosió. Gran part dels territoris ocupen l'actual zona del Golf de València i el Golf de Lleó. Hi ha una ràpida evolució de la convergència amb la Placa Europea, que produeix l'aixecament de part del Pirineu Oriental i la desaparició de la connexió del Golf de Biscaia amb el Mar de Tetis. Les pressions de la compressió entre

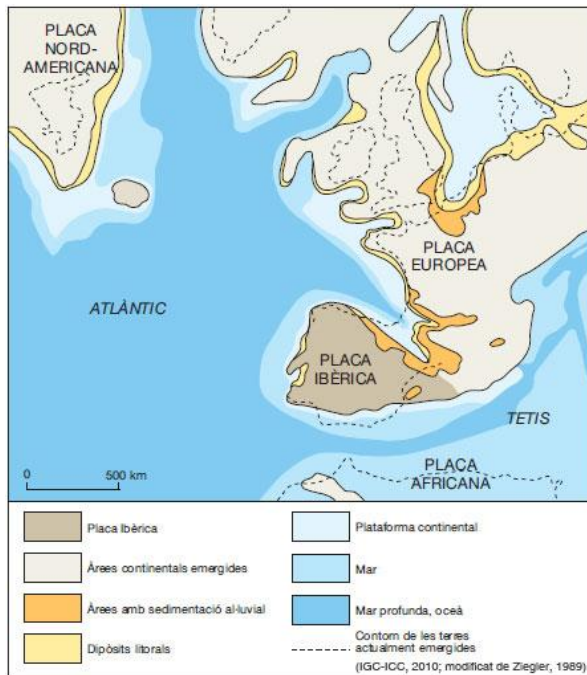


fig.11. Reconstrucció de l'Europa occidental cap a l'inici del Cenozoic. Pot veure's el Massís dels Catalànides fent d'unió entre les terres emergides de la Placa Ibèrica i l'Europa. S'observa, també, la formació de les conques d'avantpaís i l'inici de la intrusió marina cap a terres interiors. Font: referència 26

la Placa Ibèrica i l'Europea es transmeten més enllà dels marges de col·lisió (àrees d'intraplaca). Aquest fet provoca plegaments que originen la Cadena Costera Catalana (o Massís dels Catalànides) i la Cadena Ibèrica. La mateixa força també genera una inflexió dels marges que dona lloc a conques d'avantpaís a ambdues bandes, nord i sud, del Pirineu en formació. A la vessant sud, l'antic Massís de l'Ebre, ja molt erosionat, es converteix en el sòcol de la conca i passa a rebre els materials dels nous massissos. És l'origen de la conca de l'Ebre. Al vessant nord es forma l'anomenada Conca d'Aquitània.

Durant el Paleocè continuen regnant unes condicions molt similars a les de les acaballes del Cretaci. A les terres baixes

de la zona septentrional d'Ibèria es desenvolupen planes al·luvials on es generen zones pantanoses, lacustres i aigüamolloses. Hi sedimenten torbes i carbonats.

A principis de l'Eocè, fa uns 55 Ma., el mar inunda les terres baixes i les conques d'avantpaís del Pirineu sota aigües poc profundes. A mitjan Eocè, fa uns 47 Ma, l'àrea dels Pirineus és un conjunt d'illes arranjades i envoltades per les aigües que cobreixen les conques d'avantpaís a banda i banda. La conca de l'Ebre és una badia envaïda per les aigües del golf de Biscaia i connecta amb l'Atlàntic. Per l'est, la Serralada Costanera Catalana la separa del Mar de Tetis, encara que hi manté connexió durant el principi de l'Eocè. Constitueix una plataforma marina detrítica on les desembocadures d'alguns rius formen deltes i ventalls al·luvials proveïdors de sediments clàstics. També se'n observen evidències en els conglomerats que formen els actuals massissos de Montserrat i Sant Llorenç del Munt. En un primer moment, l'àrea font d'aquests materials hauria estat el Massís de l'Ebre i el Pirineu. Tanmateix, l'erosió del Massís de l'Ebre va fer que els seus materials fossin substituïts, més endavant pels del Massís Catalano-Balear. En altres zones hi creixen esculls que precipiten carbonats. A més dels exemples exposats, també en són representants els materials de l'Eocè marí de la Plana de Vic i les Guillerries. Cal destacar l'expansió i l'abundància dels foraminífers en aquesta època.

Ja cap a finals de l'Eocè i l'inici de l'Oligocè té lloc el moment àlgid de la col·lisió de la Placa Ibèrica amb l'Europea. A causa de les forces de compressió de l'orogènia pirinenca, la Conca de l'Ebre es deforma i es fa més estreta. Els massissos muntanyosos emergits també han crescut en altura i amplada, de manera que la seva erosió proporciona una

major quantitat de materials. Amb el temps, la conca s'ha anat omplint de sediments i comença a desenvolupar un règim endorreic amb el Golf de Biscaia. L'obertura s'ha fet més estreta i s'evapora més aigua que no pas en rep dels rius. Aquest fenomen afavoreix l'augment en la concentració de sals, que inclús arriben a precipitar en algunes zones del centre de la conca. No obstant, aquests dipòsits salins no sedimenten de forma continuada, sinó que ho fan durant intervals determinats quan les condicions són més favorables. Al mateix temps, als marges encara persisteixen alguns esculls coral·lins.

Al començament de l'Oligocè, ara fa uns 33 Ma., la Conca de l'Ebre queda completament aïllada del Golf de Biscaia i el seu règim esdevé totalment endorreic. Passa a convertir-se en una depressió salina on es formen pantans i àrees lacustres i aiguamolloses gràcies

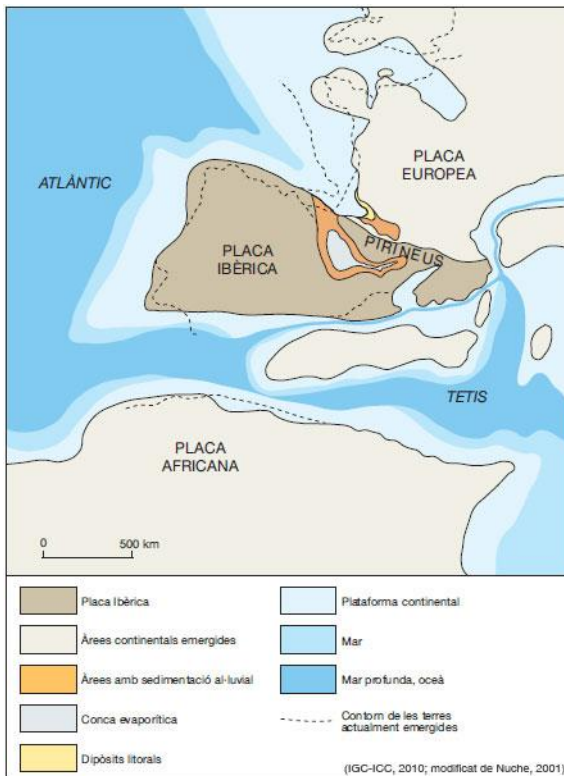


fig.12. La Placa Ibèrica a principis de l'Oligocè. S'observa com la connexió de la Conca de l'Ebre amb l'Atlàntic ha estat bloquejada i, per tant, ha esdevingut endorreica. Font: referència 26

fragments de terra que deriven cap a l'oest. Es tracta de les actuals Illes Balears, Còrsega i Sardenya. Aquest moviment és possible gràcies a la formació d'escorça oceànica al Golf de Lleó i al Solc de València. Als Pirineus Orientals i a la Serralada Costanera Catalana es produeixen petites fosses tectòniques que són inundades per aigües marines soles i colonitzades per esculls.

Al voltant del Miocè Superior es produeixen diverses fosses tectòniques a la zona oriental del Pirineu. Aquests accidents donen lloc conques sedimentàries intramuntanyoses endorreiques, on sedimenten al·luvions i es desenvolupen àrees pantanoses. Un exemple en les conques de la Seu d'Urgell i la Cerdanya. Fa uns 10 Ma., succeeix un petit episodi volcànic. Té lloc a la zona més oriental de la Conca de l'Ebre, a

a l'aport dels rius que hi desemboquen. De fet, arriben a formar-hi, fins i tot, petits deltes. Hi sedimenten argiles, carbonats, guixos i torbes.

Cap a finals de l'Oligocè i principis del Miocè, fa uns 25 Ma, la Conca de l'Ebre manté una condicions similars, sobretot cap a la regió oriental, la Conca Central Catalana. La col·lisió entre la Placa Ibèrica i la Placa Europea finalitza el seu període més actiu, però la convergència no desapareix, sinó que passa a manifestar-se al marge més meridional de la Placa Ibèrica, en contacte amb l'Africana. Conseqüentment, la connexió del Mar de Tetis amb l'oceà es fa més petita. Simultàniament, l'evolució de nombrosos sistemes de falles a la Serralada Costanera Catalana i la regió oriental Ibèria provoca la separació de diversos

l'àrea de l'Empordà, després que l'ascensió de materials fosos fos afavorida per nombroses falles. Fa uns 7 Ma., té lloc un famós episodi conegut com la Crisi Messissiana. El Mar de Tetis, que ara ja podem anomenar Mediterrani, perd la seva connexió amb l'oceà i adquireix un règim endorreic. Pel relativament escàs volum d'aigua que els rius de la Conca Mediterrània aporten i l'elevat índex d'evaporació, el Mediterrani acaba esdevenint una extensa salina desèrtica a centenars de metres per sota del nivell del mar. No obstant, a l'inici del Pliocè torna a recuperar la connexió amb l'Atlàntic. En aquesta època també s'estructura la configuració actual de les conques dels rius Ebre, Llobregat, Francolí i Ter. Això succeeix gràcies a que la Conca d'Avantpaís del sud dels Pirineus, la Conca de l'Ebre, esdevé exorreica després que la depressió s'hagi suavitzat per l'acumulació de dipòsits sedimentaris. O sigui, que els cursos d'aigua que hi desembocaven ara desemboquen al mar. Aquest canvi en la configuració hidrogràfica també comporta conseqüències en el modelat de la costa. Un cas particular és la formació del Golf de València, causada per la sedimentació de materials fluvials.

Cap a mitjan del Pliocè, fa uns 3 Ma, hi ha un augment notable del nivell del mar que produeix la inundació, altre cop, de les fosses tectòniques costaneres, que ja havien estat submergides. S'estructuren les desembocadures dels rius actuals i es produeix algun episodi volcànic menor a la zona de la Selva.

Al llarg del Plistocè, Ibèria, ja Península Ibèrica, va adquirint els trets geogràfics i morfològics actuals. Cal destacar, a finals del període, fa menys d'1 Ma., alguns episodis de vulcanisme al nord-est de Catalunya. L'exemple més emblemàtic en són els volcans de la Garrotxa. També a les acaballes del Pliocè tenen lloc successives glaciacions durant les quals hi ha una disminució del nivell del mar. Quan això succeeix, els rius erosionen amb més força les seves lleres i s'encaixen en el relleu que els envolta, al mateix temps que transporten i sedimenten una major quantitat de materials. Cal pensar que una major diferència entre l'altura dels relleus emergits i el nivell del mar n'afavoreix l'erosió. A les zones altes del Pirineu es formen glaceres que modelen les valls, com a agents erosius i de transport de materials. També intervenen en la formació de circs glacials que posteriorment donen lloc a llacs d'alta muntanya, molts dels quals encara existeixen avui dia.

La Plana de Vic i el massís transversal

Litologia de la zona

Amb tal de millorar la comprensió del que s'explica a continuació, considero escaient fer una petita descripció dels diferents tipus de roques que integren les formacions geològiques de l'àrea d'estudi.

Roques ígnies i metamòrfiques

Les roques ígnies són aquelles que s'han format per la solidificació de magma. Per una

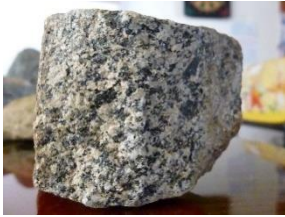


fig.13.: El granit és una roca plutònica. Font: referència 44

banda, si els materials solidifiquen lentament al subsol, les roques que en resulten s'anomenen plutòniques. Per altra banda, si solidifiquen molt bruscament quan els materials fossos són expulsats a la superfície, les roques que en resulten s'anomenen volcàniques. En el cas dels materials de les rodalies de la plana, a les Guilleries, es tracta de roques plutòniques, sobretot granítiques.

Les roques metamòrfiques són aquells materials que ja constituïen un altre tipus de roca en el passat –majoritàriament sedimentàries-, però que han patit una sèrie de processos físics i químics que les han modificat. Aquets procés, anomenat metamorfisme, succeeix quan els materials se sotmeten a condicions físiques i químiques diferents a les de la seva formació durant llargs períodes de temps. Generalment es tracta de canvis en la pressió i temperatura, que esdevenen molt més extremes, però sense arribar al punt de fusió. També pot produir-se per la injecció de fluïds a la roca. No obstant, n'hi ha de múltiples tipus en funció de les condicions particulars de cada cas. Això indueix una sèrie de deformacions, reaccions i processos físics i químics complexos que en canvien l'estructura, tant a nivell macroscòpic com a nivell iònic i molecular. La gran majoria de materials metamòrfics de les rodalies de la Plana són pissarres.

Procedents de les muntanyes veïnes, els Pirineus i la Serralada Prelitoral (vestigi del que havia estat el Massís Catalano-Balear), constitueixen els clastos de moltes roques sedimentàries de la Plana. Es tracta de materials paleozoics erosionats d'aquests sistemes muntanyosos.

Roques sedimentàries

Roques sedimentàries detrítiques

Les conegudes com a roques detrítiques són un tipus de roques sedimentàries formades per fragments erosionats d'altres roques preexistents. Després que els materials siguin dipositats en una conca, són sepultats per altres sediments i passen per una sèrie de processos químics (cimentació) i de compactació que els converteix en roca. És el cas de la gran majoria de materials de la plana.

1. Conglomerats:



fig.14. Conglomerat. Font: referència 44

Són roques sedimentàries detrítiques que contenen graves i còdols, és a dir, fragments de més de 2mm. Els espais entre fragments grans solen ser ocupats per un sediment més fi –matriu-, i tot plegat aflomerat per un precipitat químic –ciment-. Si falta aquest darrer component, la roca no té consistència i es disgrega amb facilitat. Els

anomenem bretxes si els fragments que contenen són cantelluts. Altrament, si contenen còdols arrodonits, els anomenem pudingues. Es concentren, sobretot, cap a la regió est.

2. Sorres i gresos

Roques amb un sediment d'entre 2mm i 63 μ m. Igual que en cas anterior, aquests fragments poden estar, o no, aglomerats per un ciment. En el primer cas les anomenem gresos, i en el segon, sorres. Aquests materials es formaren sota aigües somes, en platjes i ventalls deltaics.

3. Lutites

Són roques sedimentàries detrítiques formades per l'aglomeració de fragments de llim i argila, és a dir, d'un diàmetre d'unes 63 μ m o menys. Les que trobem a la plana van ésser formades en plataformes marines poc profundes i, conseqüentment, s'hi poden trobar clastos d'origen biològic. De fet, en algunes formacions es troben bons jaciments fòssífers. Són vulnerables a l'erosió i fàcilment meteoritzables. Les lutites calcàries també poden anomenar-se margues, com les denomino al llarg de tot el treball. No obstant, donat l'alt contingut de carbonat càlcic d'algunes margues, també podrien incloure's dins les roques calcàries.



fig.15. Seqüència de margues al Far.

Roques calcàries

Roques sedimentàries constituïdes, en un bon percentatge, per carbonat de calci (calcita) o carbonat de calci i magnesi (dolomita). Es poden formar per precipitació química o per l'acumulació i aglomeració de clastos biològics calcaris.

Les anomenades Calcàries de Muschelkalk són roques calcàries amb ben poques impureses detrítiques però amb algunes restes fòssils, formades a l'era secundària, concretament al Triàssic.

Les calcàries sorrenques són roques constituïdes per un abundant ciment carbonatat que aglomera grans silícics (de quars) i clastos biològics. Es formaren en plataformes marines somes. Constitueixen la Formació Calcàries de Tavertet, formada durant l'Eocè.

Les calcàries bioclàstiques són roques sedimentàries detrítiques, formades sota aigües marines somes. Contenen sediments predominantment continentals i abundants restes fòssils de bioconstruccions com ara esculls de corall. Les biomicrites són un tipus de roques formades per la compactació de fangs formats per petits fragments d'algues calcàries mortes.

Roques evaporítiques

Són roques formades, en un bon percentatge, per soluts precipitats, comunment d'origen marí. Aquesta precipitació té lloc quan una massa d'aigua amb una certa quantitat de sals se sotmen a un règim endorreic i a un índex d'evaporació que ultrpassa l'aportació d'aigua dolça. A la plana es troben representades en forma de guixos i anhidrites –roques formades per sulfat de calci cristallitzat-.

Estratigrafia de la Plana de Vic i el Massís Transversal

Com que m'interessa centrar-me en uns materials determinats per les raons ja explicades, parlaré sobretot dels materials sedimentaris de l'era terciària, que per altra banda, també són dels més abundats a la zona (juntament amb els materials paleozoics).

La Plana de Vic constitueix una regió deprimida en forma de peneplà que s'observa com el límit oriental de la Depressió central Catalana, a uns 600 msnm. Aquesta regió està delimitada, al nord, pel Prepirineu; al sud, pel Massís del Montseny; i a l'est, pel Massís de les Guilleries, Collsacabra i el conjunt de la Serralada Transversal. Cap a l'oest, s'hi estén la Depressió Central, que es va aixamplant en aquesta direcció fins a unir-se amb la Depressió de l'Ebre. Tot i així, existeix una delimitació occidental de la plana consistent en petits relleus de materials sorrencs – més resistens a la erosió que els del centre de la plana-.

La dita plana es troba reblida d'un bon gruix de materials sedimentaris molt ben estratificats i dipositats a l'era cenozoica, quan la zona formava part de l'antiga Conca de l'Ebre. Els estrats pràcticament no han estat deformats –llevat d'una lleugera inclinació en direcció Nord-est i d'alguns plecs en direcció est-oest a l'extrem septentrional-, de manera que es troben prefectament alineats horitzontalment, tal i com es dipositaren. Després, una erosió diferencial hauria produït l'enfonsament de la regió respecte les formacions veïnes, arrossegant amb gran facilitat tots aquells materials més tous, com ara les margues. Cal fer palès que algunes zones limítrofes avui dia topogràficament elevades (Part del Montseny i del Prepirineu, Serralada Transversal) també formaren part de l'antiga conca i, conseqüentment, també es troben localment cobertes de sediments terciaris, encara que en algunes zones hagin estat erosionats, plegats o fracturats.

Resulta fàcil distingir els estrats que es corresponen a diferents episodis de sedimentació, els quals agrupem en un seguit de formacions litoestratigràfiques segons les seves característiques i cronologia. El fet que siguin tan fàcilment observables és gràcies a la localment poca o nula cobertura vegetal, que en zones molt costerudes o molt rocoses permet la formació d'esvorancs on es veuen clarament els materials que afloren. En algunes regions de la Plana també s'observa una cobertura de materials al·luvials d'origen quaternari (malgrat que han estat erosionats en bona part de la

Plana), més moderns, mentre que als massissos fronterers, com ara al Montseny o a les Guilleries, afloren materials més antics, roques ígnies i metamòrfiques formades al Paleozoic. Aquests últims han sortit a la llum a causa del plegament i a l'elevació del terreny que s'ha donat en aquestes regions, malgrat que també existeixen a la plana amagats sota el subsol.

Són molt característiques de la Plana de Vic i rodalies unes formacions causades per l'erosió anomenades turons testimoni. Quan una antiga conca sedimentaria reblida de materials estratificats s'exposa a processos erosius, aquests arrosseguen bona part dels materials superficials, arribant cada cop a capes més profundes. No obstant, aquests processos no són uniformes, sinó que s'intensifiquen més en les regions més deprimides del relleu. Per altra banda, les regions més elevades són molt menys castigades i veuen eliminats els materials del seu voltant, formant-se un turó. Quan s'estudien els vessants del turó, es pot observar un tall estratigràfic que mostra els materials ara erosionats als voltants, però antany estesos al llarg de la conca. Per tant, com el seu nom ja indica, resulten útils com a testimonis estratigràfics. Mostren els materials que reblen una gran superfície, però que més tard han estat erosionats en la major part d'aquesta.

A partir d'aquí, i gràcies a la senzillesa geològica d'aquest indret, se n'ha pogut estudiar molt bé l'estratigrafia i els fòssils, proporcionant informació valuosa sobre la seva història i la del planeta. En base a la informació que tenim, es pot reconstruir una successió de tots els materials que trobem a la conca (ara en part erosionats i lleugerament desplaçats per plegaments i moviments tectònics, i per tant, no tots són presents a tot arreu. A més, cal tenir en compte que una sèrie estratigràfica no és mai absolutament regular, sinó que hi ha diferències en el gruix i la composició dels estrats al llarg de la seva extensió). Així doncs, procedeixo a explicar les grans unitats d'aquesta successió, ordenades de més antiga (per tant, infradjacent) a més moderna (per tant, supradjacent).

A grans trets, es distingeixen quatre blocs:

Materials primaris

Consisteixen en roques ígnies, metamòrfiques i sedimentàries, formades des dels períodes Ordovicià i Cambrià fins al Carbonífer (sobretot granits i pissarres). Constitueixen la base de la plana on els materials més moderns es van començar a dipositar. Cap al sud i sud-est de la plana, trobem una disconformitat d'erosió en el contacte entre els materials paleozoics i els terciaris. Només afloren a la superfície als massissos del Montseny i a l'est de la Serralada Transversal. Les forces compresives haurien provocat l'ascensió dels materials, i la posterior erosió dels materials supradjacentes els hauria deixat al descobert.

Hi trobem una primera llacuna que marca el final de la formació. Les roques més modernes són del carbonífer inferior, i els materials supradjacentes ja pertanyen al

Mesozoic (Hi falta el Carbonífer superior i el Pèrmic). Algunes calcàries i metamòrfiques d'aquesta unitat presenten contingut fòssil. La potència mitjana de tots aquests materials és d'uns 1225 m.

Materials secundaris

Es tracta de materials sedimentaris. Escassos a la Plana a causa d'una gran llacuna estratigràfica (la segona) que abarca part del Triàssic, Juràssic i Cretaci. Durant tot aquest temps es van veure aturats els processos de sedimentació o bé el registre, que ja hauria estat pobre, va ser eorsionat. Això explicaria que avui dia no se'n té cap representació rocosa. Probablement, això fou degut a un lapse d'emersió. Per tant, aquests materials tornen a fer un contacte discordant de paraconformat amb els terciaris.

La successió de materials triàssics arriba a una potència de fins a 300m. De baix a dalt, està composta per les següents unitats: conglomerats, bretxes, gressos i lutites vermells (Potència mitjana de 200m. Contingut fòssil en restes vegetals); calcàries i dolomies grises (Potència mitjana de 70m. Contingut fòssil en restes de peixos, cefalòpodes, mol·luscs i branquiòpodes. Són les anomenades Calcàries de Muschelkalk); Lutites i gresos vermells (Potència mitjana de 15m. Contingut fòssil en restes de vegetals); dolomies alterades (15m).

Aquests materials afloren sobretot al sud sud-est de la comarca, al marge septentrional del Montseny.

Donada la importància dels materials terciaris en relació als altres, aquests dos últims grups també s'anomenen, conjuntament, sòcol preterciari.

Materials terciaris

Són els materials sedimentaris més abundants, corresponents al Cenozoic primerenc i mitjà (Paleògen i Neògen). No obstant, la gran majoria dels materials dipositats es corresponen a l'Eocè. L'aixecament de terres produït durant el Paleocè a causa del creixement dels Pirineus i del Massís Catalano-balear hauria modificat la dinàmica sedimentària del centre de l'actual Catalunya. El que havia estat el Massís de l'Ebre esdevingué una gran plana que rebia els sediments dels sistemes muntanyosos veïns, principalment del Massís Catalano-Balear i del jove Pirineu. Successives intrusions i regressions marines van marcar aquesta dinàmica de sedimentació. Malgrat hi hagué una invasió marina generalitzada durant l'eocè, les fluctuacions en el nivell del mar i la tectònica activa de la regió van fomentar que tinguessin lloc nombrosos episodis de petites transgressions i regressions dins la conca, algunes molt més importants que d'altres. Cal destacar la transgressió de l'Ilerdià mitjà, responsable de la formació de les Calcàries d'Orpí; la del Lutecià inferior, en la qual sedimentaren els materials compresos entre les Calcàries de Tavertet i el les Margues de Coll de Malla; i, a continuació, la de finals del Lutecià, durant la qual té lloc l'apogeu de sedimentació marina de la conca, dels Gresos de Folgueroles endavant. Finalment, el tancament de la connexió amb l'oceà

Atlàntic va permetre l'establiment d'un règim cada vegada més endorreic. Això, sumat al gruix de sediments que havia acumulat la conca i la consegüent pèrdua de capacitat, va provocar la completa desaparició del mar interior en un progressiu procés de regressió generalitzada. Durant el Miocè, va haver un aixecament de les terres catalanes i la costa, les conques hidrogràfiques i el relleu en general van prendre una estructura similar a l'actual. A continuació esmento, de dalt a baix, les unitats més importants en les quals es pot dividir la successió.

1. **Conglomerats i gressos vermells de les Guillerries (FCG)**: Potència¹⁰ mitjana d'uns 200m. Hi ha contingut fòssil en forma de restes de gastròpodes -*Vidaliella gerundensis*- i vegetals -caròfites¹¹-, així com restes d'activitat d'arrels -*Microcodium*-. Són roques molt heterogènies pel que fa a la composició i poc compactes. Havia estat un ambient lacustre amb sedimentació d'origen continental, procedent de la Serralada Prelitoral. Ha estat dividida en tres unitats: F. Mediona, F. Vilanova de Sau i F. Romagats, de més antiga a més moderna respectivament. Els materials d'aquestes roques foren dipositats des del Thanetià (Paleocè) fins al Bartonian (Eocè).
2. **Calcàries de Tavertet (FCTA)**: Potència de fins a 120m, però s'aprima en direcció SW. Calcàries grises i sorrenques, d'origen marí. Contingut fòssil abundant, en forma de nummulits (foraminífers), bivalves i equínids, entre d'altres. Es troben a la part superior dels cingles de Sau i Tavertet, estenent-se al llarg de la vall del Ter fins al Far. Daten del Lutecià.
3. **Margues de Coll de Malla (FCM)**: Potència d'uns 100m que va disminuint en direcció SW. Margues grises i blavoses d'origen marí, amb contingut fòssil localment molt abundant (en funció de les capes), en forma d'invertebrats de tota mena. També foren anomenades Margues de Banyoles. S'hi observen intercalacions de gres. Foren dipositades durant el Lutecià.
4. **Gres de Folgueroles (FGF)**: Potència mitjana d'una 40m. També anomenat gres de Bracons i gres de Centelles. 40m aprox. Gres de color beig grogós i ciment calcari, d'origen marí, amb un gra de fi a mitjà. És una formació molt homogènia i amb contingut fòssil escàs. Dins del que es troba, sobretot foraminífers. En algunes zones del sud de la Plana es localitza una altra formació gresosa entre els materials continentals inferiors i les Margues de Vic, els Gresos de Seva. Haurien estat fàcies deltaïques proximals, amb una progració en direcció oest (cap al centre de l'antiga conca). Probablement es formaren en un ambient de tipus estuari.
5. **Margues de Vic (FMV)**: També anomenada Formació d'Igualada, té una potència d'uns 600m. Composta per margues i lutites carbonatades, de color gris, és molt poc consistent i fàcilment erosionable. Aflora extensament al llarg de tota la

¹⁰ Gruix

¹¹ Fílum d'algues verdes

Plana i, de fet, és exposada en molts turons testimoni. Contingut fòssil localment molt abundant (en funció de les capes) en invertebrats -gastròpodes, bivalves, equínids, foraminífers, briozous, espongiaris, cnidaris -coralls-, decàpodes, branquiòpodes, serpúlids -poliquets-, etc.-, vertebrats -peixos- marins- i també vegetals -algues coral·lines-. Es divideix en quatre membres: Manlleu, La Guixa, Gurb i Vespella. Comprèn del Bartonianà al Pirabonianà inferior.

6. **Calcàries de Collsuspina i de Sant Martí Xic** (FCC i FCM). Es tracta de dues formacions diferents, però s'assemblen molt litoestratigràficament. Calcàries sorrenques grises d'origen marí i potència molt fluctuant, des dels 130m (Collsuspina) als 30m (Sant Martí Xic). Molt abundants en contingut fòssil, del que destaquen les restes de coralls, foraminífers i algues calcàries, que en algunes ocasions inclús arriben a constituir la fàbrica de la roca. A les parts altes s'hi troben capes de guix, els anomenats guixos de Collsuspina). Aquesta formació és la darrera en la successió terciària i marca la fi de l'Eocè (Priabonianà)
7. En zones circumdants s'observa que alguna de les formacions presents a la Plana, com ara les Margues de Vic, són parcialment substituïts per altres materials. És el cas de la **Formació Bellmunt** (FB) -continental- i la **Formació Gressos de Puigsacalm** (FGP), cap a nord; i la **Formació Gres de Centelles** (FGC), cap al sud. Es tracta de materials més aviat grollers, constituïts per lutites, gresos i conglomerats. Els últims horitzons marins de l'Eocè de la Conca de l'Ebre, corresponents a l'última regressió, són anomenats Complex Terminal (Terminal Complex), encara que la seva posició estratigràfica ha estat molt discutida. Tot i així, hi ha consens per a situar-lo entre finals del Bartonianà i Principis del Priabonianà. S'hi poden trobar restes de foraminífers, ostracods, equínids, bivalves, gastròpodes, briozous i algues coral·lines.
8. **Formació Artés** (FA): Potència de fins a 300m. Pertanyent principalment a l'Oligocè, conforma els materials terciaris més recents. Està constituïda per conglomerats, gresos, limolites i lutites vermelles, d'origen continental. S'observa bioturbació als materials més fins i s'hi han trobat restes de caròfites i vertebrats. S'estén al llarg de la regió oest de la Plana. Ha estat datada dels incis de l'Oligocè.

Els materials eocènics (pràcticament tot el bloc terciari), es poden dividir en tres grans blocs segons la naturalesa de l'ambient on foren dipositats. Els materials del primer bloc foren sedimentats en un ambient continental; els del segon, en un ambient marí; i els del tercer, altre cop en un ambient continental. Tot i així, les restes d'aquest darrer bloc són escasses a la plana. Un dels indicis que en queda és la Formació Bellmunt, que s'estén pel NE de la Plana.

El bloc continental inferior aflora a superfície cap a l'extrem oriental de la Plana, estenent-se més enllà d'aquesta per la Serralada Transversal. Es tracta dels anomenats Conglomerats i Gresos Vermelles de les Guilleries. Són materials vermells conformats per conglomerats i gresos amb intercalacions de lutites i nivells més carbonatats, tot i que

els primers són els més importants. Es formaren per la sedimentació de materials fluvials arrossegats de les formacions veïnes, principalment d'origen mesozoic i paleozoic. Les roques de sediment més fi s'haurien format en àrees més amples i planes on les aigües dels rius haurien circulat tranquil·lament. Resulta interessant destacar que la conca sedimentària on es s'assentaren aquests materials no fou estàtica, sinó que es desplaçà de d'on ara es troba la Costa Brava en direcció sud-oest. Aquests materials, al seu torn, es poden diferenciar en les següents formacions (de baix a dalt):

1. **Formació Mediona:** Lutites i carbonats del Thanetià amb intercalacions de gresos i conglomerats. Aquestes roques es formaren en planes al·luvials aiguamolloses recobertes de petits llacs amb sedimentació de carbonats (planes de marea o *mud flats*). Les intercalacions conglomeràtiques – situades a la darrera part de la formació- s'haurien format per fluxos sobtats i violents de materials, malgrat que les condicions normals d'aquest ambient havien estat d'una aportació de sediments més aviat tranquil·la i poc massiva. La major part del contingut fòssil continental es troba en aquest estrat.
2. **Formació Vilanova de Sau:** Gresos lutites i conglomerats de l'Ilerdià amb geometries lenticulars i estratiformes. En el mateix ambient descrit anteriorment, l'àrea font¹², el massís catalano-balear es va aixecar. Aquest fet va comportar, progressivament, una major erosió i aportació de materials gruixuts en un sistema de cons al·luvials. La sedimentació va donar lloc a aquests estrats i als primers de la Formació Romagats. Entre St. Joan de Fàbregues i el Far, a la S. Transversal, hi ha una intercalació de calcàries marines i fòssílferes denominada **Formació Orpí**. S'hauria format a causa d'una breu incursió marina a l'Ilerdià mitjà.
3. **Formació Romagats:** Conglomerats sorrencs estratiformes del Lutecià. Localment –a Vilanova de Sau- presenten intercalacions amb materials marins margosos i calcaris. Un nou aixecament de l'àrea font, més proper a la conca sedimentària, hauria aportat nous fluxos abundants de materials. Les intercalacions marines foren degudes a incursions marines menors. Han estat interpretats com a fàcies proximals que es formaren en ventalls al·luvials amb processos de tipus *sheet flood*¹³.

Bona part dels materials presents a la plana han estat interpretats com a materials dispositants en ambients deltaics o relacionats amb deltes – s'estima que n'hi hauria hagut fins a 7, malgrat que no foren coetanis-. Van dipositar-se entre el Lutecià inferior i el Priabonià. Estem parlant, més que res, dels materials més grollers, com ara sorres, gresos i conglomerats, encara que també inclouria una fracció de margues. En molts casos s'hi poden observar restes fòssils consistents en foraminífers, briozous, gastròpodes, bivalves, etc. Es troben als sectors nord (sistemes de Cabrera-Puigsacalm,

¹² Estructura d'on procedeixen els materials erosionats.

¹³ Planes al·luvials on l'aigua circula en forma de làmina extensa en comptes de fer-ho en lleres limitades.

Milany i Sobremunt), sud (sistemes de St. Feliu de Codines i Centelles) i est (sistemes de Seva i el Padró) de la plana, encara que en les dues primeres zones són més importants. Relacionat-ho amb la formació del bloc continental inferior, el mateix aixecament tectònic dels Pirineus i Massís Catalano-balear (àrea font), també hauria alimentat, posteriorment -durant la transgressió marina-, als deltes. Pràcticament, tots els materials eocènics d'aquesta regió de la conca estan relacionats amb sedimentació deltaica, a excepció d'alguns materials al·luvials dels conjunts vermells, les calcàries de plataforma i les formacions d'esculls.

Les margues del bloc marí de la Plana són representades bàsicament, per la formació Margues de Vic, que al seu torn es pot dividir en diversos membres en funció de les seves característiques litològiques i fossilíferes: Membre Manlleu, Membre La Guixa, Membre Gurb i Membre Vespella. A sobre hi ha dipòsits evaporítics que indiquen l'inici de la regressió marina generalitzada. Cap al sud abunden més els materials detrítics més grollers amb una matriu molt calcària, cosa que els fa més resistens a l'erosió. Al centre s'hi troben gran quantitat de materials margosos, molt tous i fàcilment meteoritzables i erosionables, fet que es fa palès en el relleu més deprimat. Cap al nord els materials tornen a ser més grollers, més detrítics, i més calcaris, tot i que encara hi ha força margues. Són més potents degut a que la transgressió en aquesta zona és anterior, per això també s'hi troben materials marins més antics com les Calcàries de Tavertet i les Margues de Coll de Malla.

El Membre Manlleu es caracteritza per una fauna molt pobre i potència variable -té forma de falca en direcció sud-, tot i que es troba al voltant dels 400m. La base es correspon a una variació lateral de la Formació Folgueroles que s'interpreta com a fàcies distals d'un sistema d'estuari. Els nivells que segueixen contenen horitzons de lummaquel·les. La part superior del membre està composta per gresos grollers.

En el tram que seguix es poden distingir dos ambients diferents. En primer lloc, una capa més profunda, amb un substrat fangós, colonitzada per esponges i escassa en altres organismes (indicador d'un ambient afòtic). En segon lloc, una capa que restava sota aigües menys profundes, fòtica i amb una fauna abundant i variada (briozous, equínids, decàpodes, foraminífers, lamelibranquis, gastròpodes, serpúlids, branquiòpodes, esponges i inclús mamífers marins). Probablement es tractà de plataformes marines amb una taxa de sedimentació força lenta. No obstant, els periòdics temporals marítims haurien remogut el sediment de zones més somes i haurien escampat -en fines capes- sobre la zona afòtica algunes restes d'organismes al·lòctons¹⁴. Aquestes capes es corresponen, respectivament, als membres de La Guixa (uns 60m), i de Gurb (fins als 105m). Al membre de La Guixa també s'hi troben, ocasionalment, dents de selaci¹⁵, branquiòpodes, briozous i algun corall.

¹⁴ Originaris o propis d'un altre ambient.

¹⁵ Grup de peixos cartilaginosos dins el qual es troben els taurons.

El Membre Vespella (al voltant d'uns 110m) està constituït per margues molt pures, malgrat que poseeixen un nivell sorrenc a la base. Els fòssils són escassos al tram inferior, però se'n troben amb relativa abundància en els nivells que següeixen. Hi ha bioturbació i restes de bivalves, briozous, serpúlids, branquiòpodes i foraminífers.

El conjunt de les Formacions Gresos de St. Martí Xic i Centelles (que no han estat citades a priori), posteriors a les Margues de Vic, també ha estat anomenat Complex deltaic en al·lusió a l'origen de la seva formació. Aquests materials, juntament amb els esculls de la Formació Tossa i l'anomenat Complex Terminal, finalitzen la sèrie marina eocènica, seguits directament per les fàcies continentals de la Formació Artés. El Complex Terminal és un bloc heterogeni corresponent als últims sediments marins, constituïts per estrats de gresos, margues, calcàries d'esculls i guixos. Els gresos i les margues són poc potents, pobres en material fòssil i han estat interpretats com a dipòsits somers en una conca ja endorreica, tancada i poc energètica. Pel que fa als sediments dels esculls, es tracta de materials molt localitzats, consistents en roques de tipus *framestone*¹⁶. Estan formades per aglomeració de restes de coralls i algues calcàries, i també s'hi troben equínids, mol·luscs, briozous i foraminífers. Dels guixos se'n parla a continuació.

A l'oest de la Plana de Vic, entre St. Bartomeu del Grau i Collsuspina, es troben un afloraments priabonians de roques evaporítiques constituïdes per sulfat de calci, anomenats Guixos de la Noguera (Membre de Guixos de la Noguera). Aquests horitzons s'inclouen dins la Formació Calcàries de Collsuspina i St. Martí Xic. Es tracta de roques formades per anhidrita o guix secundari – sulfat de calci deshidratat-, acompanyades d'altres minerals carbonàtics i clorurs. Basant-se en les formacions que les roques han constituït, s'ha proposat que es formaren en un ambient d'aigües molt poc profundes, probablement molt similar a l'aspecte de les salines o de les albuferes que es troben avui dia a la costa Australiana. Aquests processos estarien relacionats amb la regressió marina generalitzada del Priabonià i l'inici de l'endorreïsmes a la conca de l'Ebre. De fet, es creu que les últimes capes d'aquests materials ja no sedimentaren en un medi marí, sinó en un ambient de salines més aviat continental.

¹⁶ Roca calcària formada per un entramat de restes d'origen orgànic dipositades verticalment i sense resedimentació.

SW - NE

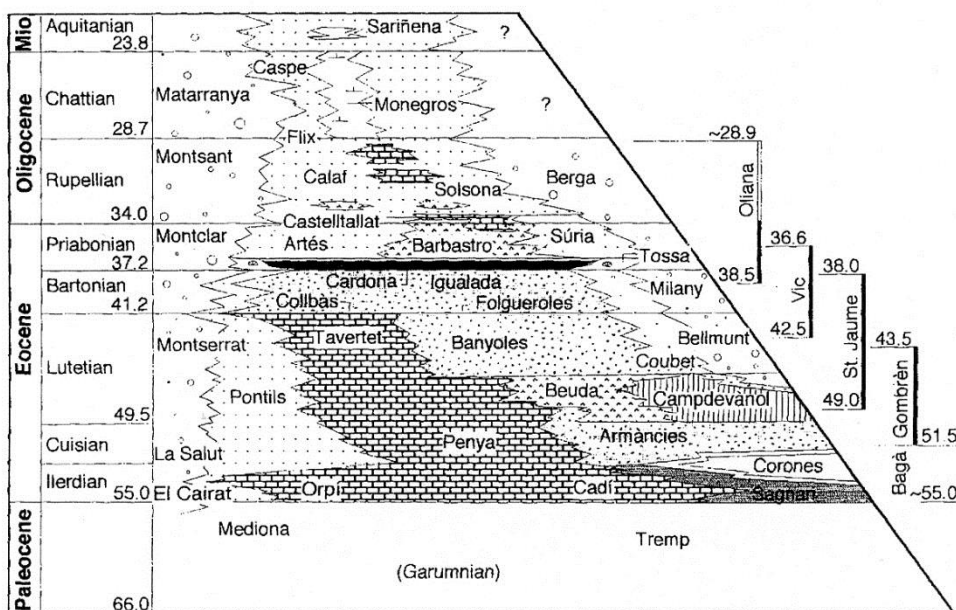


Fig. 2.-Paleogene basin configuration in the Eastern and Central Pyrenees (Spain) (VERGÉS & BURBANK, 1995).
 -Configuración de la cuenca paleógena de los Pirineos orientales y centrales (España) (VERGÉS & BURBANK, 1995).

fig.16. Representació de la successió terciària de l'antiga Conca de l'Ebre. Font: referència 13

Materials quaternaris

Es troben en terrasses al·luvials i recobrint turons i àrees deprimides. Els sediments que es dipositen de l'Oligocè endavant, principalment quaternaris, conformen una capa prima i discontinua al llarg de tota l'extensió de la Plana de Vic. Aquests serien els materials del bloc continental superior, és a dir, els que sedimentaren posteriorment a la regressió marina.

Els cingles de la Vall del Ter

Tal i com he comentat amb anterioritat, els materials eocènics de la plana no comparteixen fronteres amb aquesta, sinó que tenen una continuïtat molt més extensa, una extensió corresponent a la de l'antiga conca sedimentària de l'Ebre. No obstant, els desplaçaments tectònics, plegaments i erosió han anat produïnt, amb el pas del temps, discontinuïtats horitzontals en aquesta successió. És el cas dels estrats que afloren al llarg de les cingleres de Sau, Tavertet, Sant Joan de Fàbregues i el Far, resseguint la Vall del Ter i disposants en sentit SO-NE. En aquesta regió, topogràficament més elevada, sorgeixen materials eocènics més antics que els que poden trobar-se a baix a la plana. Hauria ocupat una situació al marge Sud-est de l'antiga Conca de l'Ebre. De fet, aquests estrats també hi són, a la plana, però no poden observar-se al estar sepultats per materials més moderns.

Durant la formació dels Pirineus, entre el Cretaci superior i el Miocè inferior, les mateixes forces compresives van produir l'encavalcament de materials al voltant de la serra,

elevant-se respecte de la posició original. Aquest fenòmen també provocà que la conca es desplaçés en direcció sud. És per aquest motiu que avui dia moltes formacions del Prepirineu es troben formades o cobertes de materials sedimentaris del Terciari i més antics. Els materials terciaris que ara afloren als cingles es trobaven aleshores soterrats, i les forces compresives hi provocaren una sèrie de fractures que es manifesten en forma de falles¹⁷ i sistemes de diàclasi (finals de l'Eocè i oligocè inferior). Tot plegat condiciona l'actual morfologia de la zona. Durant el Miocè s'inverteixen aquestes forces. Es produeix una distensió que modifica la dinàmica de les falles (passen d'inverses a normals) i altres fractures, generant sistemes de pilars i fosses tectòniques. Les diàclasis també faciliten la circulació d'aigua per l'interior de la roca i, per tant, produeixen una erosió que acaba en el desprendiment de blocs. La causa de la discontinuïtat fou l'aixecament tectònic d'aquesta regió de la Vall del Ter (avui dia part de la Serralada Transversal) respecte de la plana. Així doncs, els materials més moderns foren erosionats, de manera que els estrats infradjacents quedaren al descobert. El Riu Ter hauria fet la resta, erosionant més profundament els materials de sota la seva llera. Això va donar lloc a les magnífiques cingleres que mostren clarament la seva potent successió estratigràfica. Aquest relleu tabular també respon als comportaments dels diferents tipus de roques enfront l'erosió i la meteorització. De fet, és un tipus d'orografia característica de les rodalies de la Plana i, en especial, de la geozona de les Guilleries. A pesar de tot, al tractar-se de materials relativament moderns, es troben poc alterats.

Hi ha tres falles que tallen la cinglera entre els afloraments de Tavèrnoles i Tavertet i el del Far, de les quals la més important és la de St. Joan de Fàbregues. No obstant, el desplaçament relatiu entre els blocs no és prou significatiu com per causar problemes en la correlació dels materials dels uns amb els dels altres.

Es tracta d'un registre excel·lent i molt interessant, ja que mostra tots els materials acumulats des del sòcol Paleozoic fins a principis del Bartonian (Eocè Superior), que anaren sedimentat quasi sense interrupció i en una varietat d'ambients extremadament diversa. Aquests inclouen ventalls al·luvials, zones pantanoses, deltes, fangs de prodelta, platges, plataformes marines internes, plataformes marines externes, etc. A més, tenen una perfecta visibilitat -distingint-se fàcilment en la seva distribució vertical-, i una distribució horitzontal extensa i sense massa deformacions. Bona part de la bellesa dels

¹⁷ Una de les més importants és la de St. Joan de Fàbregues. Es tracta d'una falla distensiva o normal. Prop del Far, a la carena oriental, també hi trobem la falla d'Amer



fig.17. Cingle prop del Turó del Castell, Tavertet. S'aprecia clarament la diferència cromàtica entre els materials continentals (vermells) i els marins (grisos).

cingles rau en el contrast cromàtic que s'observa entre el bloc de formacions continentals inferiors, de colors vermellosos, i el bloc marí superior, de colors grisosos. Aquesta diferència ve donada en funció de l'ambient en què depositaren els materials. Els de tipus continental foren exposats a un ambient oxidant –en presència d'oxígen- degut a la proximitat amb l'atmosfera, mentre que els de tipus marí s'exposaren a un ambient reductor – en escassetat o inclús absència d'oxígen-.

Per tot l'esmentat, aquest registre pot qualificar-se com a un patrimoni geològic de gran valor. Proporciona molta informació sobre l'evolució geològica de la conca d'avantpaís del sud dels Pirineus, així com dels moviments de transgressió i regressió marins. La riquesa fossilífera que aquestes roques posseeixen en

general també ha permès datar-ne els materials amb força exactitud.

Malgrat que la major part de les cingleres es troben a la riba nord del Ter, les formacions de la riba sud del Pantà de Sau són molt similars, si no idèntiques. Molts dels materials aquí presents també s'estenen al llarg de les comarques gironines, però mai es tornen a mostrar en un registre tan complert i espectacular aquest.

Als cims dels cingles hi afloren les Calcàries de Tavertet, una de les biofàcies marines més característica dels mars de l'Eocè. S'observen xarxes de diàclasi sobre la part superior dels cingles i sistemes càrstics entre les formacions de Tavertet i Romagats. Aquest tipus



fig.18. Plataforma estructural calcària del cingle de Tavertet.

de roca, malgrat ser molt dura i resistent a l'erosió física, pot ser degradada lentament a partir de processos químics com la castificació, afavorint la formació d'un relleu tabular com aquest. Els estrats dels cingles es troben lleugerament basculats en direcció O-NO (oest, nord-oest). Cal fer notar que en aquesta successió no hi trobem registre de l'Eocè superior ni tampoc de materials més moderns. Així doncs, hi trobem, dins els materials terciaris, el del bloc

continental inferior i part del bloc marí. Tampoc hi ha vestigis de cap material secundari.

Tall geològic:

- **Sòcol paleozoic:** Pissarres i granits

- **Tram continental:**
 1. F. de Mediona (uns 30 metres de potència, encara que no és uniforme –entre 10 i 35m. Té forma de cunya en direcció oest): Lutites, limolites i argiles vermelles amb intercalacions carbonàtiques i trams amb gresos i conglomerats. Fòssils de *Viadella Gerundensis*, *Celtis Eocenica*, *Microcodium elegans* i *Macrophysa columnaris*. Fa contacte de discordança temporal amb els materials paleozoics i passa gradualment a la formació Vilanova de Sau. Thanetià superior (finals del Paleocè).
 2. F. d'Orpí (entre 10 i 35 metres de potència): Se situa entre la F. Mediona i la F. Vilanova de Sau, a l'extrem NE de la cadena de cingles. Calcàries bioclàstiques i micrítiques¹⁸ de color gris, amb trams gresosos i lutítics. Esdevenen més margoses cap a la part superior. Conté foraminífers (*Alveolina* –*A. lepidula*, *A. pidula*, *A. decipiens* i *A. cf. moussoulensis*-, *Orbitolites* –*O. latimarginalis* i Miliòlids). Data de l'Ilerdià mig.
 3. F. de Vilanova de Sau (uns 265 metres de potència, encara que no és uniforme): Lutites vermelles a la base que evolucionen cap a capes de sorres i conglomerats (*graded bedding*) del mateix color. És una unitat heteròcrona¹⁹: els primers estrats han estat datats de l'Ilerdià mig, i els últims a l'Ilerdià superior. (Segons el mapa, Cuisià i part Lutecià inferior).
 4. F. de Romegats (uns 90 metres de potència sota la Formació de Tavertet, encara que varia de forma notable al desplaçar-se lateralment): Conglomerats amb intercalacions de fàcies sorrenques i lutítics, força heteromètrics²⁰. Poseeixen una estratificació poc marcada i fan un contacte força net amb la F. Tavertet. Cuisià (Ypresià superior).

- **Tram marí:**
 1. F. de Tavertet (potència variable, des dels 60 metres a Tavertet fins als 118 metres al Far): La formació Romagats dona pas a les calcàries de Tavertet no només verticalment, sinó també horitzontalment en sentit est. Formada per capes de calcàries grises, sorrenques i bioclàstiques que intercalen materials de tipus gresós i conglomeràtic a la part baixa i margós i sorrenc a la part alta. Destaca molt l'abundància de foraminífers, sobretot del tipus nummulits (*N. Crusafonti* i *N. Tavertetensis*). Ha estat datada del Lutecià inferior i principis del Lutecià mitjà.

¹⁸ Tipus de matriu calcària subcristal·lina.

¹⁹ Sense regularitat temporal.

²⁰ Amb clastos de mides diferents.

2. F. de Coll de Malla (potència variable, des dels 45 m a Tavertet fins a uns 115 metres al Far). Margues blaves sorrenques, estelloses i amb intercal·lacions calcàries, lutítiques i gresoses. Les primeres capes estan constituïdes per nivells bioclàstics calcàreo-sorrenco, interpretats com a nivell de concentració. Hi ha fòssils abundants en tota mena d'invertebrats, també de sirènids, selacis i icnofòssils. Fa un contacte gradual amb els materials supradjacentes. Pertany al Lutecià mitjà i superior.
3. Formació de Bracons i Rupit (uns 95 m de potència prop del Far) Són, en realitat, dues unitats que han estat fusionades en alguna zona per la seva similitud, on són pràcticament indistingibles. Només és present a la part més nord-oriental de la cinglera (per exemple, a l'aflorament del Far). Es compon per conglomerats, gresos, limolites i lutites grises, sovint bioclàstiques i força glauconítiques²¹. Datada del Lutecià Superior.
4. F. de Folgueroles (potència variable, entre els 40 i els 60m) Gresos groguencs i blavosos, glaucolítics i arcòsics²². Fòssils de nombrosos foraminífers, encara que escassos en quantitat. Presenta una discordança angular molt feble (cartogràfica) sobre les formacions infradjacentes i mostra importants xarxes de diàclasi en la seva superfície. Datada del Bartonianà inferior.

Jaciments fòssils

Tavertet

Dos dels indrets amb un millor registre sedimentari als cingles de la vall del Ter són els turons testimoni del Pla del Castell (Tavertet) i el Puig del Moro (el Far, Susqueda).

El turó del Castell és un petit turó testimoni situat damunt les calcàries del cim de la cinglera nord del Pantà de Sau. De la base del cingle fins al cim del turó, el registre és totalment complet (llevat, és clar, de les llacunes estratigràfiques ja esmentades i dels materials més moderns, per sobre del Gres de Folgueroles), donant una bona visió del tall geològic dels materials que rebliren la conca i de com s'anaren dipositant.

El Pla del Castell és la superfície superior d'una cinglera que s'estén des del nucli del municipi de Tavertet en direcció sud-oest, endintant-se cap al Pantà de Sau. És una superfície estructural, tal i com el seu nom diu, més o menys plana i lleugerament basculada cap al NW, constituïda per les dures Calcàries de Tavertet. Al seu extrem més meridional i tirant cap al marge est, s'hi assenta un magnífic turó testimoni de composició margosa. Aquest estrat es correspon a les Margues de Coll de Malla. El pentent del voltant de tot el turó mostra una inclinació considerable, observant-se signes d'erosió d'aquests materials més tous, els característics xaragalls²³. Capitulant el

²¹ La glauconita és un mineral compost per silicats de ferro i potassi.

²² L'arcosa és un tipus de gres format per clastos de quars.

²³ Incisió erosiva que es produeix en l'aigua de pluja sobre materials tous.

cim, una capa de gresos pertanyents a la Formació Gres de Folgueroles cobreix les margues des de dalt. El nivell més inferior de la Formació de Coll de Malla, i per tant, el que fa contacte amb les calcàries, està constituït per unes calcàries sorrenques i margoses molt més tosques i d'un color més marronós. Es diferencien notablement de la resta pel contingut fòssil i la mida dels clastos, més grans, abundants i majoritàriament sílicis o d'origen biològic (bioclastos). De fet, més que de calcàries o de margues, es podria parlar de gresos calcaris, depenent del jaciment. Nogensmenys, s'ha inclòs aquesta capa dins de la formació de Margues de Coll de Malla. Aquest horitzó és molt prim i aflora només en punts molt determinats. Generalment també manca quan les margues han estat erosionades. És anomenat Nivell de Can Faló en un informe del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, sobre la geozona dels Cingles de Tavertet. No obstant, no se li dóna cap nom en cap altra font consultada.

La Formació Mediona s'assenta en paraconformitat sobre els materials paelozoics o terciaris, segons la zona. En l'anomenada unitat s'observa característiques diferents en els nivells carbonàtics, amb horitzons dolomítics i bretxítics i d'altres de formació palustre o lacustre. També s'hi troben escampats alguns nivells calcaris d'origen edàfic²⁴, on es troben indicis de l'activitat d'arrels.

A la base de la Formació Vilanova de Sau es troben nivells lutítics sorrencs i amb abundant bioturbació. Cap a un tram més intermedi predominen nivells sorrencs i conglomeràtics. A la part superior es parla, sobretot, de conglomerats. La matriu dels materials és lutítica i sorrenca, en general, grollera i mal triada. A Tavertet, data de l'Ilerdià mig.

Els conglomerats de la Formació Romegats mostren estratificació creuada²⁵ a gran escala i amb angles petits. Còdols que poden arribar a mides molt grans. És una unitat heteròcrons, sobretot al seu tram superior, i els últims nivells de Tavertet arriben fins al Lutecià Superior.

En la transició amb la Formació de Tavertet, entre la part més antiga de les calcàries i la Formació Romagats, s'hi troba un nivell de conglomerats i gresos grollers – en *cross-bedding*– que s'interpreta com a ventalls al·luvials – en un ambient subaeri o anòxic– i bancs de sorra retreballats per les marees, amb escàs contingut fòssil. En aquests nivells es van netejar els materials més fins, quedant només els més gruixuts, ara untis per una matriu calcària. Assenyalant l'apropament del mar, aquests indicis ja marquen l'inici de la transgressió del Primer cicle Lutecià.

A simple vista i sense cap anàlisi litològica ja s'observa que les calcàries no són del tot homogènies verticalment, sinó que la formació està composta per dues grans seccions.

²⁴ Relatiu al sòl.

²⁵ Tipus d'estratificació en què les capes de sediment es dipositen diagonalment les unes sobre les altres i que combinen estrats amb diferent orientació.

Hi ha una secció inferior més grogosa i tova, que tendeix a donar formes de bauma amb la seva erosió. Altrament, a la part més superior, la roca té un aspecte més grisós i compacte. És més dura i resistent als processos erosius, de manera que sobresurt lleugerament per sobre dels materials infradjacents. El primer nivell (uns 35m) està constituït per materials calcaris que es tornen progressivament menys sorrencs i amb un aspecte més nodulós. S'hi troben intercalats nivells conglomeràtics, lutítics i gresosos de tipus *grainstone*²⁶ amb fòssils de foraminífers (*Alveolina*, miliòlids i bioclastos). Indicaria un ambient de platja (fàcies *near-shore* en forma de *long-shore bars*, bancs de sorra formats per les onades en zones properes a les platjes, durant el Primer Cicle Lutecià) que, progressivament, evoluciona cap al segon. El segon nivell (uns 15m) és una secció gresosa i nummulítica amb aparença massiva²⁷ i intervals més margosos. Hauria estat un ambient de plataforma marina costanera, poc profunda, mitjanament agitada i molt rica en vida bentònica, amb barres de nummulits (fàcies *inner-shelf*²⁸ del Segon Cicle Lutecià). Abunden els nummulits, sobretot *N. perforatus*. La part més superior de la formació està composta per calcàries gresoses amb intercalacions margoses i de *grainstones* bioclàstics sedimentats en *cross-bedding*²⁹, que s'interpreten com a materials del sistema regressiu del Segon Cicle Lutecià. Contenen *Alveolina*. Observant el tall d'aquesta formació en els penya-segats, es veuen clarament dos horitzons més intercalats dins el paquet superior, que mostren menys coherència i trets similars a l'inferior. En tot el gruix de la formació, també s'ha trobat *Alveolina frumentiformis*, *Nummulites cf. veneruli*, *N. crusafonti*, *N. variolaris* i *Assilina spira planospira*.

Les primeres capes de la Formació Coll de Malla, que reposen sobre els últims materials de la F. Tavertet, marquen la separació entre els materials del Tercer i el Segon Cicle Lutecià. És un nivell força calcari infradject al de Can Faló. Es tracta de gresos i microconglomerats³⁰ de matriu calcària i rics en fauna fòssil. A continuació reposen horitzons margosos amb alguns nivells més coherents –on s'hi observa bioturbació i una lleugera major abundància de restes–, fins arribar, al cap de no massa gruix, al Nivell de Can Faló. Es pot englobar tot aquest paquet dins un primer tram de la formació. Aquests nivells de concentració no són regulars, sinó que apareixen de forma esporàdica a la base de les margues en determinats afloraments en forma de canals sorrencs. Supradjacent, reposen els sediments corresponents al sistema transgressiu del Tercer Cicle Lutecià, que constituïrien un segon tram. Es parla del segon tram a partir dels primers nivells en què apareixen limonites³¹.

Es diferencien horitzons més fràgils i sensibles a l'erosió, amb sedimentació massiva, mentre que altres es troben molt més ben compactats i cimentats. Probablement

²⁶ Tipus de roca carbonàtica.

²⁷ Sense distinció de capes o nivells.

²⁸ Plataforma interna.

²⁹ Estratificació creuada.

³⁰ Conglomerat format per clastos que es troben entre la mida corresponent al còdol i la de la sorra.

³¹ Tipus de mineral ferruginós.



fig.19. Successió margosa del Turó del Castell.
S'aprecia, a dalt de tot, un nivell de gresos que ja pertany a la Fm. Folgueroles.

aquesta diferència sigui deguda a que els primers foren capes sedimentades bruscament durant períodes de tempesta, mentre que els segons es correspondrien els materials dipositats tranquil·lament i durant períodes llargs. Per aquest motiu també s'hi concentren molts més fòssils –són nivells de concentració-, ja que la sedimentació lenta hauria permès una millor colonització i que s'hi dipositessin restes durant períodes relativament llargs. La secció més moderna, formada per estrats margosos i gresosos amb intervals carbonatats cap a la part superior, correspon als materials del sistema regressiu del Tercer Cicle Lutecià. S'ha interpretat com a fàcies deltaïques. Encara més amunt, afloren horitzons carbonatats formats en el sistema transgressiu del Quart Cicle Lutecià (finals del Lutecià). Aquests

nivells sorrencs i carbonatats es caracteritzen per concentrar més restes fòssils i presentar bioturbació, en algunes ocasions amb estratificació creuada d'angle baix (els sorrencs).

La formació Folgueroles es presenta ben estratificada. El primer nivell està format per gresos vermellosos (oxidats) en *cross-bedding*, que perden color a mesura que s'avança cap al sud – a Tavertet és ja molt poc apreciable-. Contenen restes de conquilles. A sobre hi reposa un tram margós força estèril. El registre de Tavertet arriba fins aquest nivell, ja que la resta de materials han estat erosionats en aquest punt. No obstant, la seqüència continua en altres afloraments com el de Tavèrnoles.

Tavèrnoles

Tant els sediments com els fòssils que contenen les formacions litoestratigràfiques dels cingles de la vall del Ter són molt constants horitzontalment. Per tant, considero escaient obviar les mateixes característiques sedimentològiques i paleontològiques que a Tavertet, tenint en compte la proximitat entre aquests dos afloraments i l'absència de cap accident geològic important entre la distància que els separa (llevat dels cingles excavats pel Ter, és clar). Tot i així, al Turó del Castell només hi resta la part més inferior dels gresos de Folgueroles, mentre que en aquest indret continua. La cinglera està basculada cap al NW, igual que la superfície estructural del Pla del Castell.

Després del paquet margós hi ha un tram gresós molt potent, d'aspecte força massiu i amb algun nivell lutític cap a la part superior. Presenta estratificació creuada a gran



fig.20. Cinglera de la riba sud del Pantà de Sau, vista des de Tavertet.

escala, en direcció O-E, a excepció d'alguns trams superiors dipositats horitzontalment. Es caracteritza per la presència de *ripples*³² d'onatge en els nivells més sorrencs de la seva part superior, on també hi destaca la bioturbació.

El Far

El Far és el cingle més oriental i septentrional de la cinglera de la Vall del Ter. S'estèn, llarg i estret, més o menys perpendicular a la direcció que

seguixen la línia que uneix tots els cingles, és a dir, en direcció NO-SE. A més, es troba basculat cap al NO. Igual que en el cas del Pla del Castell de Tavertet, la part superior del cingle està formada per roques pertanyents a la Formació Calcàries de Tavertet. És una superfície estructural força plana, dura i resistent a l'erosió. Darrere del sortint del cingle, és a dir, a la part més ampla i allunyada del seu extrem (la part més nord-occidental) un turó anomenat Puig del Moro reposa sobre les calcàries de la base. La major part del gruix de l'esmentat turó està conformat per materials de la Formació Coll de Malla. Part de la carena és nua quant a vegetació, sobretot la meitat meridional, i donat la facilitat amb la que les margues són arrossegades per la pluja, també es formen pendents pronunciats i xaragalls. Al peu del turonet també s'hi troba una extensió més aviat planera i de poc pendent on és probable que sorgeixi el nivell de Can Faló, malgrat que no consta en cap de les fonts consultades. Així doncs, els trets d'aquest jaciment són molt similars als descrits als cingles de Sau.



Fig.21. Vista del Puig del Moro.

Cal remarcar l'interès dels materials d'aquest jaciment, ja que es troben en un punt que constitueix la frontera o enllaç entre les formacions de la Serralada Prelitoral i Transversal amb les del que ja es considera Prepirineu. En relació als materials de la Plana i inclús dels jaciments de l'altre extrem de la cinglera, hi ha diferències quant a la variació horitzontal de les sèries, la potència dels estrats i el contingut fòssil.

³² Marques de l'onatge deixades al sediment.

Només en una de les fonts consultades es fa referència a un nivell de concentració a la base de les Margues de Coll de Malla del Far, encara que no hi ha cap evidència que permeti confirmar que es tracti del mateix nivell “de Can Faló” de Tavertet i Tavèrnoles.

Al Far, pot observar-se un augment de potència dels materials marins en relació als cingles de Sau i Tavertet (principalment, les Margues de Coll de Malla i les Calcàries de Tavertet). De fet, hi ha un descens en el límit dels materials continentals (Gresos i Conglomerats de les Guilleries) amb els marins (Calcàries de Tavertet) en direcció Nord i Nord-est, partint de la Plana de Vic. Aquest fenomen pot explicar-se pel fet que la transgressió marina del Primer Cicle Lutecià arribà primer a aquest indret per anar-se propagant en direcció Sud i Sud-Oest. Així doncs, es pot constatar que El Far es correspon a un indret més intern de la conca. Va ser envaïda pel mar primer i, per tant, va passar més temps submergida i en condicions de major distància de la costa. Conseqüentment, els materials de les calcàries de Tavertet i les Margues de Coll de Malla es corresponen en aquest indret a fàcies més distals de les seves respectives formacions a l'altre extrem dels cingles.

Coneixent els patrons de sedimentació de tipus *onlap* que es desenvolupen amb les transgressions, es pot afirmar que alguns estrats sedimentaris marins d'El Far són un poc més antics que els dels cingles de Sau i Tavertet. Malgrat pertànyer a les mateixes formacions, els materials sedimentaren de forma lleugerament anticipada a la zona de Sau i es corresponen a fàcies inferiors dins d'aquestes.

La successió terciària comença amb la Formació Mediona. El tram més inferior (21m a St. Martí Sacalm) és més argilós i d'un color vermell violaci, amb petits nivells gresosos cap a la part superior. En tram superior (11m de potència a St Martí Sacalm) és més gresós i d'un color més aviat verd-blavós, alternant capes més calcàries i amb altres de més argiloses. Daten del Paleocè.

Després de les calcàries bioclàstiques de la Formació Orpí, reposen més materials vermells. En aquest punt no s'estableix una diferenciació entre la Formació Vilanova de Sau i la Formació Romegats, si més no es tractaria dels seus equivalents. Tanmateix, alguns autors els defineixen com a pertanyents a la Fm. Vilanova de Sau. Aquests materials també han estat anomenats, juntament amb la unitat que segueix, Formació de Sant Martí Sacalm (en total, una potència d'uns 320m). Daten del Cuisià i inici del Lutecià superior, segons el mapa geològic de l'IGME, però hi ha datacions diferents.

El gruix de les calcàries de Tavertet es pot dividir, a la zona del Far, en dos trams. El tram basal (d'uns 70m) està format per calcàries sorrenques i gresos calcaris molt bioclàstics.



Fig.22. Calcària nummulítica de la Fm. Tavertet, el Far.

Part dels materials d'aquest tram procedeixen del retreballament dels materials continentals inferiors durant la transgressió del Lutecià. A la base s'hi observen seqüències granodecreixents³³ i nivells de microconglomerats, seguits d'estrats massius de calcària amb alguna intercalació sorrenca – en *cross-bedding*- i conglomeràtica. Cap al sostre els materials esdevenen més calcaris i més fòssils. S'hi troben *Alveolina* (*A. frumentiformis*) i *Nummulites*. El tram superior (d'uns 20m) és constituït per calcàries bioclàstiques i lummaquèliques³⁴. Al sostre s'hi observa nivells més microconglomeràtics i bioclàstics i d'altres de margo-calcàries noduloses que es confonen amb els primers de la formació contigua. S'hi ha trobat fòssils de

Nummulites (*N. verneuli* i *N. perforatus*, aquest últim als nivells més superiors). Aquestes fàcies han estat interpretades com a una plataforma marina soma a l'àrea de rampa proximal, al marge distal de la conca subpirinenca. S'haurien format durant l'inici d'un procés d'*onlap* en aquesta àrea. La Formació ha estat datada del Lutecià Inferior.

A continuació segueixen les Margues Coll de Malla, que han estat interpretades com a fàcies distals d'una seqüència de progració deltaica. En aquest idret, el sostre de la formació ha estat datat del Lutecià superior. No obstant, el major gruix de les margues es correspondria al Lutecià mitjà. Les fàcies més septentrionals d'aquesta formació, que s'estenen per les comarques gironines, han estat agrupades en una altra unitat, la Formació de Banyoles.

Pel que fa al membre Bracons (uns 25m), es tracta d'una unitat grisenca i força heterolítica³⁵. Hi abunden els nivells de lutites i limolites bioturbades i amb *ripples*, amb intercalacions més sorrenques. S'hi troben restes d'*Alveolina*, miliòlids i *Ostrea*. En alguns nivells de la base també s'observen *Nummulites crusafonti* i *Assilina spira* i en els nivells més superiors, *Alveolina fuffiformis* i *A. fragilis*. És datada del Lutecià superior, fet que queda confirmat per la mostra de foraminífers fòssils que conté. Pel que fa al membre Rupit (uns 70m prop del Far), és constituïda per gresos vermellosos bioclàstics, amb horitzons margosos i limolítics amb glauconita. Mostra estratificacions creuades amb seqüències granocreixents i presència de bioturbació. Dins d'aquesta formació hi

³³ Seqüència sedimentària en la qual disminueix progressivament la mida dels clastos.

³⁴ Una lummaquel·la és una roca formada per l'aglomeració de bioclastos, petits fragments de fòssils esmicolats.

³⁵ Composta per diferents tipus de roca.

ha una intercalació de materials continentals anomenada Formació de Bellmunt, malgrat que no és present a la seqüència del Far ni de cap altre aflorament aquí estudiat.

Els gresos de Folgueroles presenten una base erosiva sobre la Formació de Bracons i Rupit. Presenten seqüències granodecreixents i estratificació creuada en alguns trams. Els nivells superiors són d'un gra més fi i es troben molt bioturbats, encara que els fòssils hi són escassos. Els materials han estat interpretats com els primers dipòsits del sistema transgressiu del Primer Cicle Bartonianà, formats en un ambient d'estuari.

Material fòssil

Cingles de Sau: Tavertet i Tavèrnoles

El material fòssil en el que es focalitza el aquest treball consisteixen en les restes de nombroses espècies d'invertebrats pertanyents a diferents fílums i famílies, amb l'excepció d'algunes dents i vèrtebres de peix. Pertanyen a jaciments de materials sedimentaris marins de l'Eocè mitjà (Lutecià) i es localitzen a les rodalies de la Plana de Vic i les Guillerries, als municipis de Tavertet, Tavèrnoles i Susqueda. Així doncs, es tracta d'organismes que visqueren al sector sud-est de l'antiga Conca de l'Ebre mentre s'hi dipositaven materials sota les aigües d'un mar interior. Les unitats litoestratigràfiques que recullen els esmentats materials han estat anomenades, fent referència al paleoambient on els formaren, zones bentòniques somes (SBZ, de l'anglès *Shallow Benthic Zones*). La següent informació ha estat obtinguda dels articles de J. Serra-Kiel³⁶, de M. Gich³⁷ i de Clavell *et al*³⁸. A més a més, s'ha consultat el Mapa geològic de España fet per l'IGME³⁹ i col·leccions particulars.

Pel que fa al contingut faunístic, qualitativament només s'estableixen diferències entre el nivell de concentració de la base i els materials superiors. Quantitativament, s'aprecien alguns nivells de concentració (un parell, si només es tenen en compte els més importants de forma general, i no local) respecte del que semblen nivells de sedimentació massiva brusca.

El nivell de Can Faló conté restes principalment de fauna bentònica: foramínífers (*Nummulites variolarius*), briozous, mol·luscs, crustacis, equínids, asteroideus, i inclús dents i vèrtebres de selcacs. Pel que fa als mol·luscs, s'hi observa una gran diversitat, en especial en els gastròpodes. Dins d'aquest grup s'hi troba *Turritella sp.*, *Volutilithes sp.*, *Natica sp.*, *Sigmesalia sp.*, *Architectonica sp.*, *Scalaria sp.*, *Ancilla sp.* i *Cypraeovula sp.* En el grup dels bivalves, només hi consta *Vulsella sp.* Pel que fa als equínids s'ha documentat la presència de *Prionocidaris bofilli*, *Ditremaster covazii*, *Coelopleurus sp.* i *Eupatagus sp.* Els crustacis es troben àmpliament representats. S'ha trobat queles⁴⁰ de

³⁶ Referència 5

³⁷ Referència 22

³⁸ Referència 16.

³⁹ Referències 28 i 29

⁴⁰ Extremitat més desenvolupada d'un decàpode, pinça.



fig.23. Dent de selaci incrustada en una pedra, Tavèrnoles.

pagúrids com *Callianassa fraasi* o *Eocalcinus eocenicus*, i també d'altres ermitanys com *Ctenocheles sp.* Hi són relativament abundants les closques de branquiurs com *typilobus modregoi*, *Montezumella amenosi*, *Viaplax urpiniana*, *Palaeocarpilius viae*, *Planobranhia palmuelleri*, *Colneptunus hungaricus*, *Micromaia batalleri*, *Tavernolesia Calasancti*, *Viaophthalmus zariquieiy*, etc. La presència d'asteroideus es fa palesa amb l'aparició d'ossicles d'estrelles de mar fossilitzats.

Les restes de selacis es troben en forma de vèrtebres i dents. És interpretat com un nivell de concentració, en el qual es dipositaren les restes de multitud d'organismes durant un període relativament llarg, i en el qual la taxa de sedimentació fou baixa. Com es pot comprovar, les restes es corresponen majoritàriament a espècies bentòniques o epifauna, habitants del fons –a excepció dels peixos-. Al tram inferior de les margues, en general, poden trobar-se nummulits en abundància en determinats nivells. Entre les espècies trobades figuren *N. crusafonti*, *N. variolarius* i *Assilina spira planospira*.

A les margues de Coll de Malla les restes fòssils es troben, en general, escampades, malgrat que s'hi observen dos nivells de concentració importants. Es corresponen als horitzons més ben compactats i amb sedimentació més fina. En aquests dos nivells (un dels quals, el de Can Faló), poden trobar-se restes de gran quantitat d'organismes invertebrats habitants de l'interior del fang o la seva superfície, així com indicis de la seva activitat en el sediment –bioturbacions-, com ho evidencien els icnifòssils de tipus Thalassinoides i Ophiomorpha. Es tracta d'estructures en forma de galeria que haurien estat escavades en el fang per mol·luscs, crustacis, annèlids i inclús peixos, encara que en aquest cas sembla que es tractaria de crancs.

Al tram superior de les margues també s'hi troben restes diverses i abundants de moluscs, esponges, foraminífers, equínids i crustacis. Entre els gastròpodes hi figuren *Natica sp.*, *Cypraeovula sp.*, *Sigmesalia sp.*, *Volutilithes sp.*, i *Clanculus sp.* Pel que fa als bivalves, s'hi pot trobar *Cardita sp.*, *Venus sp.*, *Modiolus sp.*, *Vulsella sp.*, *Lentipecten sp.*, *Pholadomya sp.*, *Venericardia sp.*, *Chlamys sp.*, *Eufistulana sp.*, *Cubitostrea sp.*, *Pycnodonte sp.*, *Meretrix sp.*, i *Cardita sp.* No tant abundants com els mol·luscs, hi ha les



fig.24. Valva d'ostra fossilitzada a les margues del Turó del Castell, Tavertet.

restes d'equínids i crustacis. Tanmateix, aquest últim grup presenta una biodiversitat considerable. Els eriçons de mar estan representats per *Coelopleurus isabelae*, *coelopleurus coronalis*, *Opyaster nux*, *Eupatagus sp.*, i *Epiaster sp.* La biocenosi carcínica compren les següents espècies: *Typilobus boscoi*, *Callianassa pseudonilotica*, *Callianassa fraasi*,

Ctenocheles cf. burlesonensis, *Ctenocheles cultellus*, , *Dromilites vicensis*, *Montezumella amenosi*, *Viaplax uripiniana*, *Folguerolesia boscoi*, *Palaeocarpilius viae*, *Planobranchia palmuelleri* i *Colneptunus hungaricus* –sobretot als nivells superiors–, *micromaia batalleri*, *viaplax urpiniana*, *Viaophthalmus zariquieyi*, *Chasmocarcinus guerini*, *Tavernolesia calasantii*, *Retropluma eocenica*, *Pagurus marceti*, *Eocalcinus eocenica*, i *Titanocarcinus* sp. A més a més, s’hi ha trobat, ocasionalment, dents de selaci, peces buscats de *Myliobatis*⁴¹ i escasses restes d’ossos de sirènid, probablement d’*Halitherium*. Els nivells més moderns, corresponents al sistema transgressiu del Quart Cicle Lutecià, són abundants en foraminífers de tipus *Alveolina aff. fusiformis*, *Orbitolites*, *Fabularia* i *Idalina*. Al llarg de tot el tram superior de margues es troben, també, *N. crusafonti*. En els intervals de sedimentació massiva apareixen molt poques restes fòssils, i majoritàriament trencades. Segurament, això sigui un indicatiu d’aigües més energètiques i de que les restes foren arrossegades pel corrent des d’altres indrets

La Formació Coll de Malla és una de les unitats més riques en diversitat i abundància de fauna decàpoda de la Plana, encara que resulta important a qualsevol escala. Els afloraments més significatius es troben escampats, sobretot, pels municipis de Tavertet, Tavèrnoles i Folgueroles.

Puig del Moro, el Far

La informació fins ara publicada del registre fòssil de la biocenosi d’aquest indret no és massa completa. No obstant, hi ha algunes referències sobre la presència de determinats grups.

Segons la informació que proporciona el Mapa geològic de Espanya de l’IGME, s’arriba a la descripció que segueix. Al tram basal de la Formació Tavertet s’hi troben restes d’*Alveolina frumentiformis*. Al tram superior s’observen exemplars de *Nummulites verneuli*. Als nivells calcàreo-nodulosos i bioclàstics que fan frontera amb les margues s’hi troben *N. perforatus*, *Assilina spira* i restes d’equínids (*Opissaster gregoriei* i *Coleopleurus coronalis*), decàpodes, briozous, gastròpodes (com Ceritidae), bivalves (com Pectinidae, Ostreidae, *Velates* sp.), selacis i sirènids (*Halitherium* sp.). En els estrats margosos supradjacentes apareixen fòssils de formes molt variades pel que fa a bivalves, gastròpodes, crustacis, branquiòpodes i foraminífers. És molt probable que la fauna aquí existent sigui idèntica o molt similar a la de les capes margoses superiors dels altres dos afloraments. Hi ha presència d’*Alveolina fusiformis*, *A. fragilis*, *Nummulites crusafonti*, i *N. puigsecensis*, *N. aff. striatus* als horitzons superiors. Als nivells basals i en la transició amb les calcàries es troba *N. tavertetensis*, *N. crusafonti* i *Alveolina* sp.

⁴¹ Peix cartilaginós del grup dels batoideus.



fig.25. Ossos fossilitzats a les Margues del Puig del Moro.



Fig.26. Gastròpode mineralitzat (Turritella sp.) a les margues del Puig del Moro.

Registre fòssil del Nivell de Can Faló: classificació taxonòmica i paper ecològic

Figuren en vermell els grups que no es troben registrats en cap font consultada, però que, tanmateix, han estat identificats entre les mostres de la pràctica. La informació utilitzada per a elaborar la classificació i les dades ecològiques dels grups ha estat consultada a la referència núm. 18.

1. Foraminífers

Nummulites variolarius

Fílum	Subordre	Superfamília	Família	Gènere	espècie
Foraminifera	Rotaliina	Nummulitacea	Nummulitidae	<i>Nummulites</i>	<i>N. variolarius</i>

Ecologia: Omnívor infàunic de mobilitat limitada. També poseïen simbionts algals.

2. Briozous

Fílum
Bryozoa

Ecologia: Filtrador epifàunic de matèria en suspensió. Estacionari.

3. Asteroideus

Fílum	Classe
Echinodermata	Asteroidea

Ecologia: Carnívor-detritívor epifàunic de mobilitat lenta.

4. Equínids

Coelopleurus sp.

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere
Echinodermata	Echinoidea	Arbacioida	Arbaciidae	<i>Coelopleurus</i>

Ecologia: Herbívor epifaunic.

Ditremaster covazii

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Echinodermata	Echinoidea	Spatangoida	Hemiasteridae	<i>Ditremaster</i>	<i>D. covazii</i>

Ecologia: Detritívor epifaunic de mobilitat lenta. Habitant de d'aigües poc profundes.

Eupatagus sp.

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere
Echinodermata	Echinoidea	Spatangoida	Brissidae	<i>Eupatagus</i>

Ecologia: Detritívor infàunic de mobilitat lenta. Habitant d'aigües poc profundes.

Peronella lamberti

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Echinodermata	Echinoidea	Clypeasteroida	Laganidae	<i>Peronella</i>	<i>P. lamberti</i>

Ecologia: Detritívor infàunic de mobilitat lenta.

Prionocidaris bofilli

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Echinodermata	Echinoidea	Cidaroida	Cidaridae	<i>Prionocidaris</i>	<i>P. bofilli</i>

Ecologia: Herbívor-omnívor epifaunic de mobilitat lenta.

5. Gastròpodes

Ancilla sp.

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Olividae	<i>Ancilla</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic.

Architectonica sp.

Fílum	Classe	Superfamília	Família	Gènere
Mollusca	Gastropoda	Architectonicoidea	Architectonicidae	<i>Architectonica</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic.

Cypraeovula sp.

Fílum	Classe	Superfamília	Família	Gènere
Mollusca	Gastropoda	Cypraeoidea	Cypraeidae	<i>Cypraeovula</i>

Ecologia: Herbívor-omnívor epifàunic.

Natica sp.

Fílum	Classe	Superfamília	Família	Gènere
Mollusca	Gastropoda	Naticoidea	Naticidae	<i>Natica</i>

Ecologia: Carnívor infàunic⁴².

Scalaria sp.

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere
Mollusca	Gastropoda	Ptenoglossa	Epitoniidae	<i>Scalaria</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic⁴³ de desplaçament lent.

Sigmesalia sp.

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere
Mollusca	Gastropoda	Sorbeoconcha	Turritellidae	<i>Sigmesalia</i>

Ecologia: Filtrator epifàunic de matèria en suspensió. Facultativament mòbil (d'escassa mobilitat).

Volutilithes sp.

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Volutidae	<i>Volutilithes</i>

⁴² La infauna és el conjunt d'organismes animals que habiten el substrat i els sediments del fons marí.

⁴³ Bentònic.

Ecologia: Carnívor epifàunic.

Turritella sp.

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere
Mollusca	Gastropoda	Sorbeoconcha	Turritellidae	<i>Turritella</i>

Ecologia: Filtrador epifàunic de matèria en suspensió. Facultativament mòbil.

6. Bivalves

Vulsella sp.

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere
Mollusca	Bivalvia	Ostreida	Malleidae	<i>Vulsella</i>

Ecologia: Filtrador epifàunic de matèria en suspensió. Estacionari (de molt escassa o nula mobilitat).

7. Crustacis

Callianassa fraasi

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Callianassidae	<i>Callianassa</i>	<i>C. fraasi</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic i bioturbador actiu. Fou un cranc excavador del qual només es conserven les peces més dures del seu exoesquelet, les queles.

Colneptunus hungaricus

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Portunidae	<i>Colneptunus</i>	<i>C. hungaricus</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic. Cranc nedador que probablement fou capaç de desplaçar-se llargues distàncies.

Ctenocheles sp.

Fílum	Classe	Ordre	Família	gènere
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Ctenochelidae	<i>Ctenocheles</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic. Fou un cranc ermità del qual només es conserven les queles.

Eocalcinus eocenicus

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Diogenidae	<i>Eocalcinus</i>	<i>E. eocenicus</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic. Fou un cranc ermità, molt probablement utilitzés closques de mol·luscs per protegir-se. La major part del seu cos, a excepció de la quela, estava recoberta per un esquelet dèbil o es trobava nua. Així doncs, són rars els casos en què se'n conserva alguna cosa més que les extremitats.

Inachind no identificat

Fílum	Classe	Ordre	Família
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Inachidae

Ecologia: Carnívor epifàunic

Micromaia batalleri

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Majidae	<i>Micromaia</i>	<i>M. batalleri</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic.

Montezumella amenosi

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Cheiragonidae	<i>Montezumella</i>	<i>M. amenosi</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic.

Palaeocarpilius viae

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Carpiliidae	<i>Palaeocarpilius</i>	<i>P. viae</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic.

Planobranhia palmuelleri

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
-------	--------	-------	---------	--------	---------

Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Majidae	<i>Planobranhia</i>	<i>P. palmuelleri</i>
------------	--------------	----------	---------	---------------------	-----------------------

Ecologia: Carnívor epifàunic.

Tavernolesia calasanctii

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Calappidae	<i>Tavernolesia</i>	<i>T. calasanctii</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic.

Typilobus modregoi

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Leucosiidae	<i>Typilobus</i>	<i>T. modregoi</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic.

Viaophthalmus zariquieyi

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Portunidae	<i>Viaophthalmus</i>	<i>V. zariquieyi</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic.

Viaplax urpiniana

Fílum	Classe	Ordre	Família	Gènere	espècie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Euryplacidae	<i>Viaplax</i>	<i>V. urpiniana</i>

Ecologia: Carnívor epifàunic.

8. Selacis (peixos cartilaginosos)

Fílum	Subfílum	Classe	Superordre
Chordata	vertebrata	Chondrichthyes	Selachimorpha

Ecologia: Carnívor nectònic.

Pràctiques

A continuació es descriuen les activitats pràctiques i sortides de camp realitzades als diferents afloraments estudiats.

Punts de mostreig i observació

Els punts en els quals s'han realitzat les observacions i activitats pràctiques es corresponen amb els afloraments dels quals s'ha estat discutint fins ara: Tavèrnoles, Tavertet (Turó del Castell) i Susqueda, el Far (Puig del moro). Als annexos XI i XII s'adjunten fotografies aèries i mapes geològics i topogràfics de les zones on s'ubiquen els tres punts. Les seves coordenades geogràfiques són les següents:

- Tavèrnoles: 41° 57' 44.89" N 2° 22' 36.02" E
- Tavertet: 41° 58' 59.19" N 2° 23' 49,96" E
- El Far: 42° 02' 10.16" N 2° 31' 17,55" E

Pràctica 1: observació de la sèrie estratigràfica

Aprofitant la visita als afloraments, resulta interessant fer algunes observacions de la successió d'estrats de les formacions estudiades.

Objectius

1. Recollir informació directament del camp per a poder-la contrastar amb la bibliografia.
2. Recollir informació més detallada i localitzada de la sèrie estratigràfica, que no és mencionada en la bibliografia o no es troba documentada de forma clara.
3. Aprendre a identificar al camp els tipus de roques sedimentàries i les formacions litoestratigràfiques relacionant les observacions amb el material bibliogràfic.

Material

1. Bolígraf/llapis i goma d'esborrar
2. Llibreta de camp

Procediments

1. Una vegada s'ha arribat a l'aflorament, es fa una primera observació per identificar les formacions litoestratigràfiques, els nivells més importants dins d'aquestes i, de forma general, el seu contingut fòssil.
2. Seguidament, s'estudia els diferents vessants i es determina quin és el més complet, significatiu i fàcilment interpretable pel que fa a la seqüència d'estrats

que s'hi observa. Convé que el registre sigui el més ampli possible (a poguer ser de la base al sostre de la formació), que la cobertura vegetal sigui mínima i que s'hi observin nivells amb delimitacions clares i una certa continuïtat horitzontal (posat el cas que aquests existeixin a l'aflorament).

3. En acabat, es ressegueix de nou la sèrie de baix a dalt, dibuixant-ne el perfil a la llibreta de camp de manera que quedi reflectit el comportament davant l'erosió dels diferents horitzons. A més a més, s'anoten les característiques litològiques i paleontològiques més destacables.

Resultats

Veure annexos III-XI

Observacions

L'estudi de la sèrie només s'ha realitzat detalladament per a la Formació de Coll de Malla. Per una banda, a Tavertet es distingeixen dos nivells de concentració importants, entre els quals el de Can Faló. A Tavèrnoles també poden identificar-se aquests dos nivells, però, a més, n'existeix un tercer. Litològicament és idèntic al Nivell de Can Faló, malgrat que difereix lleugerament en la seva fauna i presenta una posició estratigràfica inferior. Constitueix les primeres capes margoses que reposen a sobre la base calcària. A Tavertet poden apreciar-se'n "traces", malgrat que és tan insignificant i localitzada que no s'ha considerat tenir-la en compte. Al Far s'hi troba un nombre molt més elevat de nivells de concentració, sobretot cap a la part basal de la unitat.

Existeix un nivell calcari omnipresent de tipus *hard ground*, del qual ja s'ha parlat, als últims horitzons de la F. Tavertet. Està format per calcàries nummulítiques que, localment, també són abundants en fragments de bivalves, gastròpodes, equínids i inclús algun crustaci. Tanmateix, posseeix una biocenosi diferent a la de les margues.

S'ha observat que al Puig del Moro hi manca el nivell de *T. modregoi*. Els afloraments de Tavèrnoles i Tavertet sí presenten el Nivell de Can Faló, malgrat que no en la posició estratigràfica esperada. S'ha pogut constatar, en ambdós indrets, no es localitza directament sobre les calcàries, ans es troba sobre una seqüència d'estrats margosos que el separen de la F. Tavertet.

Entre Tavertet i Tavèrnoles s'ha notat que, a part de les diferències a la base, també es produeixen petites disparitats en la continuïtat de determinats horitzons supradjacentes. És més, a Tavèrnoles hi ha una continuació de la sèrie dels gresos de Folgueroles, mentre que a Tavertet haurien estat completament erosionats llevat de les fàcies més inferiors. A causa de tot això, s'ha procedit a fer un tall estratigràfic a part per a l'aflorament de Tavèrnoles.

Tot i no ser iguals, s'ha pogut establir correlacions entre els nivells d'un punt i de l'altre. També ha estat possible correlacionar algun nivell del Far amb els de Tavertet i Tavèrnoles. Malauradament, les diferències en els patrons estratigràfics han impedit trobar-ne gaires. Poden apreciar-se'n els detalls a la seccions estratigràfiques de l'annex VIII.

També s'han fet observacions d'aprop dels materials més inferiors de la Formació de Folgueroles i la Formació Bracons i Rupit. Al Turó del Castell, el tall de la Formació de Tavertet s'ha observat a distància i se n'han caracteritzat només els trets més generals, relatius al seu comportament davant l'erosió i la meteorització. En els altres afloraments no ha estat possible fer-ne una observació directa, llevat d'alguns nivells localitzats que s'han pogut veure d'aprop a Tavèrnoles. Entre aquests es distiguen horitzons més durs i calcaris i d'altres més sorrosos i fàcilment meteoritzables, podent-se relacionar amb l'observat a Tavertet. En el cas del Far, no ha estat possible fer cap observació de la secció calcària i s'ha hagut de basar el tall exclusivament en la informació bibliogràfica i fotogràfica.

Hi ha dos motius per haver fet això. En primer lloc, els materials en els quals es focalitza la reconstrucció paleoambiental, són dels de la F. Coll de Malla. En segon lloc, la coherència i la posició estratigràfica dels altres materials (a excepció dels gresos que acabo de dir) condiciona que les seves respectives formacions aflorin en relleus escarpats de molt difícil accés (com a mínim si es vol contemplar la successió sencera).

Tanmateix, les últimes capes calcàries s'observen amb facilitat i són d'interès per a la descripció paleoambiental. El mateix es pot dir per als gresos supradjacentes, que es troben estretament relacionats a nivell sedimentològic i paleoambiental amb les margues. Resulten interessants, igual les calcàries, per explicar l'evolució de l'ambient.

Pràctica 2: recollida i identificació de fòssils

Recollida de mostres

Aquesta pràctica s'ha realitzat als afloraments de la Formació de Coll de Malla dels tres punts treballats. Les margues posseeix una gran riquesa fòssilífera amb gran varietat d'espècies i notables diferències quant a la biodiversitat i el tipus de sedimentació dels diferents nivells. Sabent això, s'ha decidit establir un nivell de referència amb la finalitat de simplificar l'estudi i treballar, en els tres punts, sobre la mateixa biocenosi (o, en tot cas, el més propera possible) i el mateix ambient sedimentari. No obstant, és inevitable un petit desfaçament temporal – tot i que irrisori, geològicament parlant- entre els afloraments occidentals i l'oriental, al Far. Aquest nivell és el que és anomenat “de Can Faló” al llarg de tot aquest treball. Per evitar qualsevol tipus d'ambigüitat, es defeneix com el nivell sorrenc de la base de les margues on es troben restes de *T. modregoi*. S'ha escollit aquest horitzó per dos motius. En primer lloc, per la facilitat amb la qual es pot

diferenciar de la resta de les margues. Això és possible gràcies a que posseeix un color més fosc i trets litològics molt diferenciats. En segon lloc, la gran diversitat de fauna que recull el converteix en un nivell molt representatiu i amb un alt potencial per aportar informació sobre el paleoambient. No obstant, la seva absència al Puig del moro ha obligat a escollir un altre horitzó per a realitzar el mostreig en aquest aflorament. Així doncs, s'ha decidit fer-lo sobre les calcàries lumaquel·lítiques dels últims horitzons de la F. Taverter. El motiu pel qual s'ha fet aquesta elecció en comptes de triar un altre nivell de les margues és degut a la major proximitat que presenten la seves respectives faunes.

Objectius

1. Familiaritzar-se amb la metodologia de treball científica.
2. Aprendre a identificar al camp formacions litoestratigràfiques i els seus nivells en base a la seva composició i contingut fòssil.
3. Aprendre a diferenciar i recollir restes fòssils al camp.
4. Aprendre a identificar fòssils de diversos grups d'organismes marins.
5. Complementar la informació del registre fòssil conegut i obtenir dades per a la caracterització paleoambiental.

Material

1. Roba còmoda. Tot i així, és recomanable dur pantalons texans llargs a menys que s'usin genolleres.
2. Requadre de fusta d'1m²
3. Cinta de senyalització
4. Cinta mètrica de més de 2m
5. Telèfon mòbil, rellotge, cronòmetre o qualsevol altre dispositiu capaç de mesurar el temps amb precisió.
6. Capses de cartró o plàstic.
7. Llibreta/paper
8. Bolígraf/llapis

Procediment

1. En cas que l'aflorament no hagi estat visitat amb anterioritat, es localitza la seva posició geogràfica i la millor via per accedir-hi a través d'un mapa geològic i un mapa interactiu amb imatges de satèl·lit. En aquest cas s'ha utilitzat Google Earth i la referència núm. 26.
2. Un cop localitzat i després d'arribar-hi, es fa una observació general de l'aflorament amb la finalitat de reconèixer les formacions litoestratigràfiques i els seus nivells. És important fixar-se en seves característiques litològiques i els fòssils que s'hi observa. Per poder fer això cal haver estudiat a priori

l'estratigrafia de la zona. A més, és important conèixer l'ordre en què es troben les formacions i els nivells més importants, ja que la identificació d'una ajuda al reconeixement de les contigües.

3. Una vegada s'ha fet un reconeixement general i s'ha localitzat el nivell de *T. modregoi* (o, en defecte, el que més s'hi assembli) es procedeix a buscar-hi una superfície erma, plana i amb substrat més o menys solt. És important que el substrat no sigui completament roca massissa, ja que això dificultaria molt trobar i recollir mostres. Tampoc convé la presència de sòl ni vegetació, ja que no permeten observar directament la roca mare.
4. Seguidament es marca sobre la porció de terreny escollida un recuadre de 2m². Es fa amb l'ajuda d'un recuadre de fusta d'1m² (o una cinta mètrica) i cordill o cinta de senyalització. Es col·loquen pedres sobre la cinta per mantenir-la en la mateixa posició i evitar que el vent se l'emporti.
5. A continuació cal agenollar-se i mirar d'identificar tants fragments de fòssil com sigui possible dins de l'àrea delimitada. Cal evitar, així sí, fragments extremadament petits o irreconeixibles. Es fa durant un període de 20min. i es desen totes les troballes en capsos etiquetades.

Observacions

A més de les mostres recollides dins els procediments, s'ha fet observacions interessants del material fòssil dels afloraments. Tant a Tavertet com al Far s'ha trobat fragments ossis. Els de Tavertet són massa insignificants per determinar el seu origen. Altrament, els observats al Far, presenten una forma i mida que fan dubtar que provinquin d'un mamífer –podria tractar-se d'un quelònid o d'un peix-. Tanmateix, considerant les fonts consultades, no es pot descartar que es tracti en un o ambdós casos de sirenis del gènere *Halitherium*. Pel que fa a invertebrats, s'han trobat al nivell de *T. modregoi* abundants fragments de queles corresponents a l'antebraç del que sembla un cranc ermità. El fet que els seus trets difereixin de qualsevol espècie publicada fa pensar que molt probablement sigui un fòssil inèdit en termes oficials.

La relativament àmplia extensió de l'aflorament del Nivell de Can Faló al Turó del Castell, Tavertet, ha permès que s'hi realitzin dos mostrejors. El primer s'ha fet a la vessant E, mentre que el segon, a la vessant nord.

Identificació de les mostres

Material

1. Lupa manual
2. Lupa binocular
3. Pincès metàl·liques
4. Punxó metàl·lic

5. Capses de classificació
6. Paper
7. Bolígraf/llapis i goma d'esborrar

Procediment

1. Una per una, s'observen les mostres amb una lupa manual i, en cas que sigui necessari per apreciar-ne els detalls, amb una lupa binocular. Les que estiguin recobertes per fragments de pedra poden netejar-se amb l'ajuda d'un punxó per a facilitar-ne la identificació.
2. Seguidament es decideix a quin grup d'invertebrats pertany cada fragment, en cas que sigui possible identificar-lo, i es desen en capses separades i etiquetades. Convé classificar les mostres fins al màxim rang de precisió possible, depenent de cada cas. Per a realitzar aquesta tasca es poden utilitzar guies d'identificació i fotografies de les espècies de les seves respectives publicacions. Tot i així, es pot arribar a una classificació taxonòmica força acurada només amb una mica d'experiència en la tasca i coneixent els trets més característics de cada grup.

Resultats

Es marquen amb un asterisc tots els tàxons identificats que coincideixen amb espècies conegudes del nivell de *T. modregoi*.

Tavèrnoles

Total de mostres recollides: **141**

Mostres no classificades: **23**

1. Foraminífers

Tàxon	<i>Nummulites sp.*</i>
Nombre de mostres	11
Observacions	Entre 5 i 2mm

2. Anèl·lids

Tàxon	<i>Serpulidae</i>
Nombre de mostres	2
Observacions	Es troben els tubs calcaris que servien com a

	estructura de suport i protecció a l'animal
--	---

3. Briozous

Tàxon	Schizoporellidae*	Briozoa*
Nombre de mostres	20	1
Observacions	Estructures incrustants de forma globular	Estructura en forma de disc, d'uns 4 mm

4. Asteroideus

Tàxon	Asteroidea*
Nombre de mostres	29
Observacions	Només se'n troben ossicles per separat

5. Equínids

Tàxon	Material no identificat	<i>Eupatagus sp.*</i>
Nombre de mostres	10	2
Observacions	6 fragments d'espines 10 fragments de closca	Fragments de closca molt petits, d'entre 5 i 10 mm
Tàxon	<i>Prionocidaris bofilli*</i>	
Nombre de mostres	2	
Observacions	1 fragment d'espina 1 fragment de closca	

6. Mol·luscs gastròpodes

Tàxon	Material no identificat	<i>Volutilithes sp.*</i>
Nombre de mostres	1	2
Observacions	-	-

7. Mol·luscs bivalves

Tàxon	Material no identificat	Ostreidae*
Nombre de mostres	8	1

Observacions	-	Fragments massa petits i/o incomplets per assignar-los un tàxon més precís
Tàxon	Pectinidae*	<i>Pycnodonte sp.</i>
Nombre de mostres	2	3
Observacions	Fragments massa petits i/o incomplets per assignar-los un tàxon més precís	-
Tàxon	<i>Nucula sp.</i>	<i>Mytilus sp.</i>
Nombre de mostres	3	1
Observacions	-	-

8. Crustacis

Tàxon	Material no identificat	<i>Dromilites vicensis*</i>
Nombre de mostres	13	2
Observacions	Fragments de quela	Closques incompletes
Tàxon	<i>Eocalcinus eocenicus*</i>	<i>Typilobus modregoi*</i>
Nombre de mostres	1	3
Observacions	Fragment de closca	Força complets
Tàxon	Inèdit	
Nombre de mostres	1	
Observacions	Quela d'uns 5mm sense el dit mòbil, de forma encorvada, arrodonida i de tacte granulat.	

Tavertet N

Total de mostres recollides: **130**

Mostres no classificades: **21**

1. Foraminífers

Tàxon	<i>Nummulites sp.*</i>
Nombre de mostres	4
Observacions	D'uns 2mm

2. Anèl·lids

Tàxon	Serpulidae
--------------	-------------------

Nombre de mostres	2
Observacions	Es troben els tubs calcaris que servien com a estructura de suport i protecció a l'animal

3. Briozous

Tàxon	Schizoporellidae?*
Nombre de mostres	24
Observacions	Estructures incrustants de forma globular

4. Asteroideus

Tàxon	Asteroidea*
Nombre de mostres	18
Observacions	Només se'n troben ossicles per separat

5. Equínids

Tàxon	Material no identificat	<i>Eupatagus sp.*</i>
Nombre de mostres	12	1
Observacions	11 fragments d'espina 1 fragment de closca	Petit fragment de closca
Tàxon	<i>Peronella lamberti*</i>	
Nombre de mostres	1	
Observacions	Mitja closca	

6. Mol·luscs gastròpodes

Tàxon	<i>Turritella sp.*</i>	<i>Volutilithes sp.*</i>
Nombre de mostres	3	3
Observacions	Fragments petits	-
Tàxon	<i>Sigmesalia sp.*</i>	
Nombre de mostres	1	
Observacions	-	

7. Mol·luscs bivalves

Tàxon	Material no identificat	Ostreidae*
Nombre de mostres	4	3
Observacions	-	Fragments massa petits i/o incomplets per assignar-los un tàxon més precís
Tàxon	<i>Chlamys sp.</i>	<i>Pycnodonte sp./Vulsella sp.*</i>
Nombre de mostres	6	1
Observacions	-	-
Tàxon	<i>Nucula sp.</i>	<i>Brachidontes sp.</i>
Nombre de mostres	4	1
Observacions	-	-

8. Crustacis

Tàxon	Material no identificat	<i>Montezumella amenosi*</i>
Nombre de mostres	15	3
Observacions	14 dels quals fragments de quela	Queles i colzes
Tàxon	<i>Colneptunus hungaricus*</i>	<i>Micromaia batalleri*</i>
Nombre de mostres	1	1
Observacions	Quela	Fragment de closca, 1/3 aprox
Tàxon	Inèdit	
Nombre de mostres	1	
Observacions	Fragment de closca atribuïble a un inachid	

Tavertet E

Total de mostres recollides: **92**

Mostres no classificades: **11**

1. Foraminífers

Tàxon	<i>Nummulites sp.*</i>
Nombre de mostres	11
Observacions	Entre 2 i 5 mm

2. Anèl·lids

Tàxon	<i>Rotularia spirulaea?</i>
Nombre de mostres	3
Observacions	Tubs calcaris recargolats sobre si mateixos en forma d'espiral

3. Briozous

Tàxon	Briozoa*	<i>Smittina sp.*</i>	Schizoporellidae?*
Nombre de mostres	1	1	14
Observacions	Briozou amb estructura en forma de disc, d'uns 4 mm.	Briozou d'estructura branca laminar prima (d'uns 2mm de gruix).	Estructures incrustants de forma globular.

4. Asteroideus

Tàxon	Asteroidea*
Nombre de mostres	11
Observacions	Només se'n troben ossicles per separat

5. Equínids

Tàxon	Material no identificat	<i>Ditrema covazii*</i>
Nombre de mostres	9	1
Observacions	8 fragments d'espines 1 fragment de closca	-

6. Mol·luscs bivalves

Tàxon	Material no identificat	Ostreidae*
Nombre de mostres	2	1
Observacions	-	Fragments massa petits i/o incomplets per assignar-los un tàxon més precís
Tàxon	Pectinidae*	<i>Pycnodonte sp.</i>
Nombre de mostres	3	2

Observacions	Fragments massa petits i/o incomplets per assignar-los un tàxon més precís	-
Tàxon	<i>Nucula sp.</i>	<i>Brachidontes sp.</i>
Nombre de mostres	1	1
Observacions	-	-
Tàxon	<i>Chlamys sp.</i>	<i>Anomia sp.</i>
Nombre de mostres	2	1
Observacions	-	-

7. Crustacis

Tàxon	Material no identificat	<i>Ctenocheles sp.*</i>
Nombre de mostres	14	1
Observacions	Dels quals 11 fragments de quela	Una quela incompleta
Tàxon	<i>Typilobus modregoi*</i>	
Nombre de mostres	2	
Observacions	Closques força completes	

El Far

Total de restes recollides: **229**

Restes no classificades: **19**

1. Foraminífers

Tàxon	<i>Nummulites sp.*</i>	<i>Assilina sp.</i>
Nombre de mostres	54	1
Observacions	Entre 0.75 i 18 mm	D'uns 3 mm

2. Cnidaris

Tàxon	Escleractini?
Nombre de mostres	1
Observacions	Espècimen que aparenta l'esquelet calcari d'un pòlip coral·lí.

3. Asteroideus

Tàxon	Asteroidea*
Nombre de mostres	4
Observacions	Només se'n troben ossicles per separat

4. Equínids

Tàxon	Material no identificat	<i>Ditremaster covazii*</i>
Nombre de mostres	47	22
Observacions	38 fragments d'espines 9 fragment de closca	Es tracta, majoritàriament, d'exemplars amb la closca sencera
Tàxon	<i>Eupatagus sp.*</i>	
Nombre de mostres	3	
Observacions	Petits fragments de closca	

5. Mol·luscs gastròpodes

Tàxon	Material no identificat	<i>Volutilithes sp.*</i>
Nombre de mostres	2	1
Observacions	-	-
Tàxon	<i>Turritella sp.*</i>	<i>Sigmesalia sp.*</i>
Nombre de mostres	6	2
Observacions	Fragments petits	-
Tàxon	<i>Natica sp.*</i>	<i>Ancilla sp.*</i>
Nombre de mostres	2	5
Observacions	-	-
Tàxon	<i>Cypraeovula sp.*</i>	
Nombre de mostres	2	
Observacions	-	

6. Mol·luscs bivalves

Tàxon	Material no identificat	Ostreidae*
Nombre de mostres	14	5
Observacions	-	Fragments massa petits i/o incomplets per assignar-los un tàxon més precís
Tàxon	<i>Ostrea sp.</i>	<i>Ostrea/Cubitostrea sp.</i>
Nombre de mostres	3	2

Observacions	-	-
Tàxon	<i>Nucula sp.</i>	<i>Modiolus sp.</i>
Nombre de mostres	2	1
Observacions	-	-
Tàxon	<i>Chlamys sp.</i>	<i>Lentipecten sp.</i>
Nombre de mostres	20	1
Observacions	-	-
Tàxon	<i>Pycnodonte sp.</i>	
Nombre de mostres	9	
Observacions	-	

7. Crustacis

Tàxon	<i>Viaplax urpiniana?*</i>
Nombre de mostres	1
Observacions	Pinça incompleta

Interpretació paleoambiental

Per a descriure el paleoambient de formació de les Margues de Coll de Malla i materials adjacents, parteixo de les informacions que he pogut recollir de les diferents fonts consultades. Segons la literatura publicada (veure referències), el desenvolupament de les Calcàries de Tavertet s'inicia després d'un impuls transgressiu a les acaballes del Cuisià. Les aigües marines van envair les anteriors planes al·luvials i van començar a sedimentar en seqüència d'*onlap* sobre les fàcies continentals prèvies. És l'inici del Primer Cicle Lutecià. Es forma una rampa carbonàtica en expansió paral·lela al mar, cap a l'exterior de la conca, durant un procés que té lloc durant el Lutecià inferior i part del mitjà. Al sector supradjacent de la formació, ja dins el Segon Cicle Lutecià, es desenvolupen seqüències someritzants que intercalen nivells margosos i sorrencs. Els últims d'aquests horitzons fan un contacte directe i una transició brusca cap a les margues. Es tracta d'un *hard-ground* constituït per calcàries bioclàstiques i nummulítiques endurides durant un interval sense aport sedimentari.



Fig.27. Base calcària (*hardground*) sobre la qual s'assenten les margues al Far.

Els foraminífers, com a fòssils guia, resulten uns dels organismes més útils en la determinació de les característiques dels paleoambients marins. Així doncs, la recerca ha permès atribuir una sèrie de trets paleoecològics a determinats grups que ara resulten d'extrema utilitat per a extreure informació medi que habitaren. Segons un article de J. Serra-Kiel (referència núm. 35) les formacions de bancs de nummulits poden contribuir-hi notablement.

Reben el nom de bancs de nummulits unes acumulacions en forma de barrera que aquests organismes haurien format en el passat. A no massa distància de les zones emergides algunes espècies grans de *Nummulites* formaven grans acumulacions al llarg d'uns sectors allargats i paral·lels a línia de costa. Aquestes zones debien trobar-se, aproximadament, entre les àrees de fàcies *near-shore* i les de plataforma més oberta. Eren poblades per comunitats altament densificades on s'anaven dipositant les closques dels individus morts. Les acumulacions esquelètiques haurien arribat a escales considerables, formant-se barreres elevades sobre les quals les poblacions vives seguien creixent.

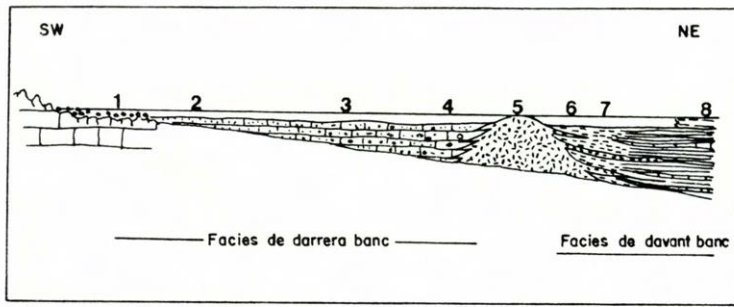


Fig. 2. Esquema sedimentològic dels bancs de *Nummulites* segons BIGNOT (1972) a Istria (Iugoslàvia). Per a l'explicació de les diferents facies, veure el text.

fig.28. Esquema d'un banc de nummulits. Font: referència 36.

Els bancs de nummulits, com els esculls, van condicionar diferents biòtops i litòtops en fer de barrera natural i influir la dinàmica de les aigües costaneres. Així, darrere el banc, cap a la costa, es formava una zona confinada de poca profunditat.

L'arrecerament que oferien els bancs la protegia de la influència del mar obert, mentre que es trobava exposada als influxos terrígens i a la dinàmica fluvial. Davant el banc, cap a la conca, per contraposició, era una àrea submergida sota aigües més profundes i exposada a la influència marina. Tot això, condicionava els processos sedimentaris que tenien lloc a cada indret i els organismes que els habitaven.

Es considera que durant l'Eocè, en general, la Terra va gaudir d'un clima tropical, més càlid que el d'avui dia. Cap a finals del Paleocè i principis de l'Eocè té lloc un màxim tèrmic molt bruscat. Després d'aquest episodi les temperatures baixen lleugerament, però es mantenen força càlides i estables durant bona part de l'Eocè, amb uns episodis molt càlids a l'Eocè inicial (EECO, Òptim Climàtic de l'Eocè Inicial i un altre a l'Eocè mitjà (MECO, Òptim Climàtic de l'Eocè mitjà). No fou fins al trànsit Eocè-Oligocè que començà un refredament significatiu del clima de la Terra.

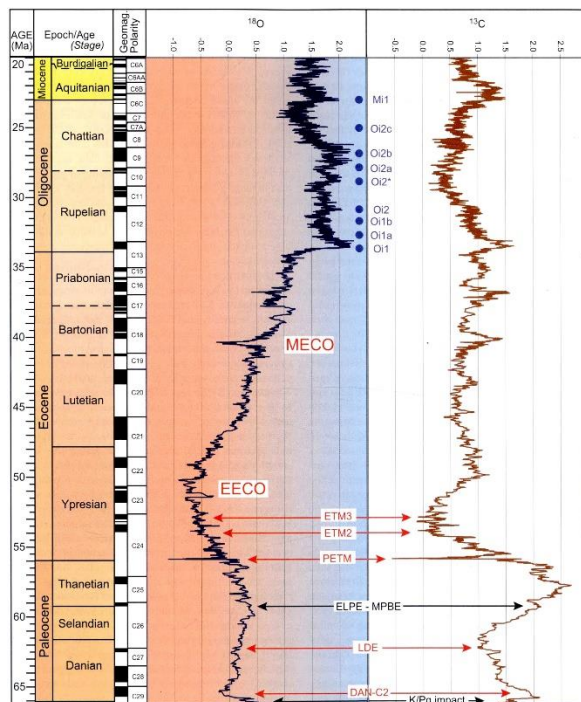


fig.29. Gràfic que mostra l'evolució dels nivells atmosfèrics de dels isòtops ^{13}C i ^{18}O al llarg del Cenozoic, que es tradueixen en canvis en la dinàmica climàtica del planeta. S'indiquen l'EECO i el MECO. Font: referència 24

Se sap que els nummulits es desenvolupaven en aigües càlides tropicals i subtropicals. Així, la seva abundant presència en materials eocens de les nostres latituds és quelcom perfectament coherent tenint en compte el clima càlid d'aleshores. Tot i que no existeixen equivalents actuals de les barres nummulítiques, alguns foraminífers que hi estan emparentats formen acumulacions de certa similitud en aigües equatorials molt somes. I és que un altre dels trets que caracteritzen als macroforaminífers i, en extensió, als nummulits, és l'afinitat per habitar aigües poc profundes. Això s'explica per la seva dependència de la llum. Els macroforaminífers actuals viuen en

simbiosi amb microorganismes fotosintètics (algues unicel·lulars) que els brinden una font adicional de nutrients, igual que molts dels coralls colonials que formen esculls. S'interpreta que els tàxons extingits com els nummulits també tenien aquesta relació simbiòtica. Així doncs, es pot afirmar que aquests organismes habitaven dins la zona fòtica. Per tant, una mínima fracció lumínica debia arribar al fons de la plataforma on es formaren els últims nivells calcaris dels Cingles de Sau. Tanmateix, la falta d'altres grups de macroforaminífers característics de les aigües somes no permet interpretar que es tracti d'un ambient clarament som. Per tot plegat, és millor considerar una zona de poca fondària, malgrat que amb prudència. Possiblement, aquest sector de la plataforma es trobés a uns 40-50 metres per sota del nivell del mar.

Un altre factor a tenir en compte és el lligam present entre el desenvolupament dels nummulits i el seu hàbitat. S'ha pogut constatar que les formes més grosses tendien a viure en condicions més òptimes i que les formes més aplanades tendien a habitar hàbitats de major fondària. És una dada molt interessant, tenint en compte que la mida dels exemplars recollits al Far és, de mitjana, significativament major a la dels afloraments occidentals. No obstant, no hi ha evidències suficients per fer interpretacions basant-se només en això.

Els materials que segueixen pertanyen ja a la F. Coll de Malla. Marquen la transició entre el Segon i el Tercer Cicle del Lutecià, que comença amb un nou impuls transgressiu causant de l'aport de sediment argilós. Aquest nou aport sedimentari, que altera l'ambient de les barreres nummulítiques, estaria relacionat amb el desenvolupament de sistemes deltaics (prodelta) durant la citada transgressió. La transgressió es desplaça en sentit N-S, envaint sobretot al marge meridional de la conca.

En els diversos nivells que configuren la formació margosa presenten diferents característiques fòssils i litològiques. Poden observar-se nivells compactes i més coherents entre acumulacions massives de sediment. Aquests nivells es correspondrien a èpoques d'escàs i lent aport sedimentari, durant les quals les partícules argilloses s'haurien dipositat tranquil·lament. D'aquesta manera hauria estat possible una major compactació i carbonatació dels materials. Aquestes mateixes característiques són les que haurien permès la colonització del substrat per nombrosos organismes. És un fet que s'evidencia per la coincidència dels nivells de concentració amb molts dels horitzons compactats. Alguns d'aquests nivells on abunden els fòssils estan constituïts per materials margosos més sorrencs i carbonatats, sobretot els més inferiors. D'altres, en canvi, presenten una litologia molt argil·losa. Per tant, es dedueix que s'anaren alternant, al llarg del temps, biòtops de fons fangosos amb d'altres de més sorrencs. Aquests ambients més argil·losos també es podrien correspondre a aigües més tèrboles i riques en nutrients.

Cal destacar la proximitat que presenten les faunes dels nivells de concentració basals amb el *hard-ground* nummulític de les Calcàries de Tavertet. A part del notable contingut en nummulits, també cal destacar la coincidència en la presència d'equínids



fig.30. Detall d'un nivell de concentració a la base de la unitat margosa del Puig del Moro.

molt similars, si no les mateixes espècies, en algun cas. La quantitat de nummulits disminueix progressivament a mesura que es puja a nivells de margues superiors, de la mateixa manera que desapareixen els asteroideus i les restes de selacis. Es produeixen canvis notables, igualment, en la biocenosi carcínica i equínida. Malgrat que la fauna mol·lusca és molt més constant, cal remarcar la prevalència dels ostreïds a mesura que es passa a nivells superiors. Aquesta tendència es manté fins arribar a un apogeu, al Nivell α^{44} dels afloraments occidentals, on es localitza una concentració faunística amb bancs d'ostres. Al Far no n'existeixen equivalents. Tot plegat corrobora que es va produir una evolució important en les condicions ambientals

durant el transcurs de la sedimentació margosa. L'alteració dels bancs de nummulits va afavorir a uns determinats grups d'organismes i perjudicar el desenvolupament d'altres.

Els intervals que separen els diferents nivells colonitzats per la fauna són massius i majoritàriament azoics o molt pobres. Degut a la falta d'estratificació i compactació i a la seva debilitat per ser meteoritzats, han estat interpretats com a testimonis de moments amb major aport sedimentari. El fet que siguin molt pobres en fòssils dóna força a aquesta hipòtesi. La constància i grau de l'aport sedimentari hauria fet difícil que els organismes poguessin establir-se al substrat mentre tenia lloc. És més, alguns autors ha suggerit que els icnofòssils en forma d'excavacions verticals que de vegades s'hi poden veure haurien estat vies d'escapament d'invertebrats que van ésser sepultats pel fang.

A part dels nummulits, als nivells margosos basals, hi ha altres evidències per justificar que l'ambient fou relativament som. Un d'ells és la presència, en quasi tots els nivells, d'equínids alguívors com el gènere *Coelopleurus*, els quals no podrien haver sobreviscut sense macroalgues, organismes fotosintetitzadors, de les què alimentar-se. Una nova evidència, per tant, que confirma la presència de llum. També existeixen, encara que escasses, restes d'ossos de sirènida a les margues. La dieta d'aquests mamífers marins consisteix, fonamentalment, en fanerògames marines, organismes que no deixen cap

⁴⁴ Veure annex XI

rastru fòssil directe⁴⁵. Així doncs, hi ha una evidència indirecta que existien poblacions d'aquestes plantes en zones properes, i per tant, àrees amb presència abundant de llum. Tanmateix, no és conclusiu, ja que aquests animals tenien la capacitat de desplaçar-se llargues distàncies. A més, un cop morts els seus cadàvers podrien haver estat arrossegats pels corrents al llarg de quilòmetres, tal i com passa avui dia amb els cosos flotants d'alguns cetacis. Alguns bivalves com els pectínids o, encara més, els ostreids, són pobladors habituals d'ambients poc profunds i no solen viure a fondàries massa acusades. En aquest aspecte cal destacar el banc d'ostres del Nivell α del sector occidental. Podria indicar un profunditat fins i tot inferior a la dels bancs nummulítics i la base de la unitat, potser al voltat dels 30 m.

El sistema transgressiu del Quart Cicle Lutecià ve marcat per la major carbonatació d'alguns horitzons al final de formació i per la sedimentació de nivells heterolítics de materials més grollers. A partir d'aquesta transformació desapareixen els nivells de concentració de fòssils i aquests esdevenen més escassos i menys diversos. Poden observa-se bioclastos i fragments molt trencats de bivalves als nivells gresosos de la unitat i a la continuació dels materials en la Fm. Bracons i la Fm. Folgueroles. No obstant, reapareixen els foraminífers en formes més variades que anteriorment, tot i que no és el cas dels nummulits en particular. Aquests trets semblen indicar un ambient marí menys profund i més proper a la costa –que hauria retrocedit a causa de la regressió-. Ho denoten els materials sorrencs, indicadors de fàcies de plataforma interna (*inner-shelf*) corresponents ambients de tipus platges i estuaris. La idea es reforça si es té en compte que la presència de diversitat de macroforaminífers és indicador de poca fondària. Encara més, els bioclastos i la trencadissa de closques de bivalves indiquen que l'ambient estava submergit en aigües fortament agitades. Les aigües energètiques són sempre indicadores de zones molt poc profundes i properes a les platges. Per tant, es pot constatar que aquestes fàcies es corresponen a un ambient just al nivell de base de les onades, a uns 15 m de fondària.



fig.31. Bioturbació en un bloc de gres, el Far. Pot observar-se el recorregut d'una galeria excava en el sediment.

Els icnofòssils que s'observen al sector superior de la Fm. Coll de Malla han estat identificats com galeries en el substrat atribuïbles a invertebrats. Molt probablement es tractaria de decàpodes com el gènere *Callianassa*, els descendents actuals del qual es caracteritzen per la seva predilecció excavadora. Altres organismes infàunics, com ara els equínids detritívors, comparteixen l'hàbit d'enterrar-se i remoure el substrat per buscar aliment. De

⁴⁵ Encara que pot detectar-se'n la presència per fòssils d'organismes que hi estaven vinculats. Això inclou, per exemple, rodòfits i foraminífers i briozous epífits.

fet (encara que no sigui el cas), la seva activitat també pot deixar rastres en forma d'icnofòssils.

Als fronts deltaics solen produir-se perturbacions puntuals en la salinitat causades per l'aport fluvial d'aigua dolça. És molt probable que l'ambient de formació dels gresos patís aquesta mena de fluctuacions. És més, més enllà de la seva interpretació litològica no presenten fòssils que ho contradiguin. La situació és ben diferent per a les fàcies margoses subadjacents. Per una banda, la sedimentació argilosa de prodelta implica un cert distanciament de la costa. Per l'altra, la presència d'organismes estenohalins com els nummulits, els asteroideus i els equínids sembla mostrar que les condicions de salinitat foren normals i estables.

En conclusió, es pot interpretar un procés de somerització. S'hauria donat des de l'inici de la sedimentació margosa fins a l'arribada dels materials sorrencs de finals del Lutecià i Bartonianà. Hi ha indicadors que confirmen que, en contraposició amb els gresos superiors, l'ambient de formació de calcàries nummulítiques i dels primers nivells margosos no fou excessivament som. Per una banda, cal tenir present la ja comentada falta de grups de macroforaminífers que ho reforcin. Per altra banda, les restes fòssils d'aquestes fàcies acostumen a aparèixer molt senceres i sense signes d'erosió. Això fa pensar que, tot i no trobar-se sota aigües profundes, la seva agitació no debia ser massa acusada. Tanmateix, falten indicadors d'aigües tranquil·les, com podrien ser alguns grups de porífers i briozous blancsos. Aquests últims es troben majoritàriament representats per formes incrustants amb estructures arrodonides (*Smittina*), adaptades per sobreviure a l'agitació de l'aigua. Dic majoritàriament perquè també s'hi troba algun exemplar amb diferent forma de creixement, un dels quals sembla ramificant. No obstant, la seva presència no és significativa.

Conclusions

Al llarg d'aquest treball he fet revisió de diversos materials amb la finalitat de desvetllar la història d'algunes de les formacions geològiques més emblemàtiques del nostre territori. Per això ha calgut una introducció corresponent al món de l'estratigrafia, la sedimentologia i la paleontologia. Fent ús dels fòssils i les roques com a eina de lectura paleoambiental, he descrit mica en mica la successió d'esdeveniments que han anat configurant el registre sedimentari de l'Eocè marí de Vic. He estat explicant la configuració i l'evolució de la Placa Ibèrica al llarg dels temps, des de la col·lisió amb la Placa Euroasiàtica fins al rebliment sedimentari de l'antiga Conca de l'Ebre. Són diversos els escenaris que van desenvolupar-se durant aquest llarg procés, passant dels materials al·luvials a carbonats, margues i gresos dipositats durant l'ocupació marina de la conca. És durant aquest procés que es sedimenta la unitat estratigràfica objecte d'estudi, la Formació Margues de Coll de Malla. He estudiat i he treballat de primera mà sobre els seus materials i els fòssils que conté, recollint informació i intentant descriure tan bé com ha estat possible el seu ambient de formació a nivell geològic i ecològic. Tot plegat ha resultat en una interpretació coherent que l'evolució del paleoambient des dels bancs nummulítics de la Formació Tavertet fins als ambients de fàcies proximals dels gresos de Bracons i Folgueroles.

Contestant als objectius fixats a l'inici, considero que tots ells han estat assolits amb èxit. Si més no, es tracta dels que es troben dins el meu abast i que fan referència al propi cos del projecte i el seu desenvolupament. La hipòtesi plantejada, a partir la literatura que havia pogut consultar, era de caire general i admetia molts matisos. Així doncs, ha estat degudament confirmada i matisada fins als límits del possible.

Així doncs, resumeixo la conclusió a la què arribat després de desenvolupar el treball.

Les calcàries nummulítiques que coronen la Fm. Tavertet constitueixen un *hardground* que s'ha interpretat com a bancs de *Nummulites* desenvolupats durant un període d'escassa sedimentació. Amb l'arribada del Tercer Cicle del Lutecià comença un aportació sedimentària argilosa (margues de prodelta) que altera mica en mica l'ambient i indueix una modificació progressiva de la fauna.

Al llarg de de la unitat margosa, se succeeixen nivells amb diferents característiques paleontològiques i sedimentològiques que indiquen petites variacions en les condicions ambientals. La formació finalitza amb uns nivells gresosos indicadors d'ambients de platja i estuari, molt poc profunds i propers a la costa. Es pot concloure que el paleoambient va trobar-se en tot moment dins la zona fòtica. Tot i així, la fondària hauria variat dels 50-40 m als bancs nummulítics fins als aproximadament 15 m de les fàcies proximals.

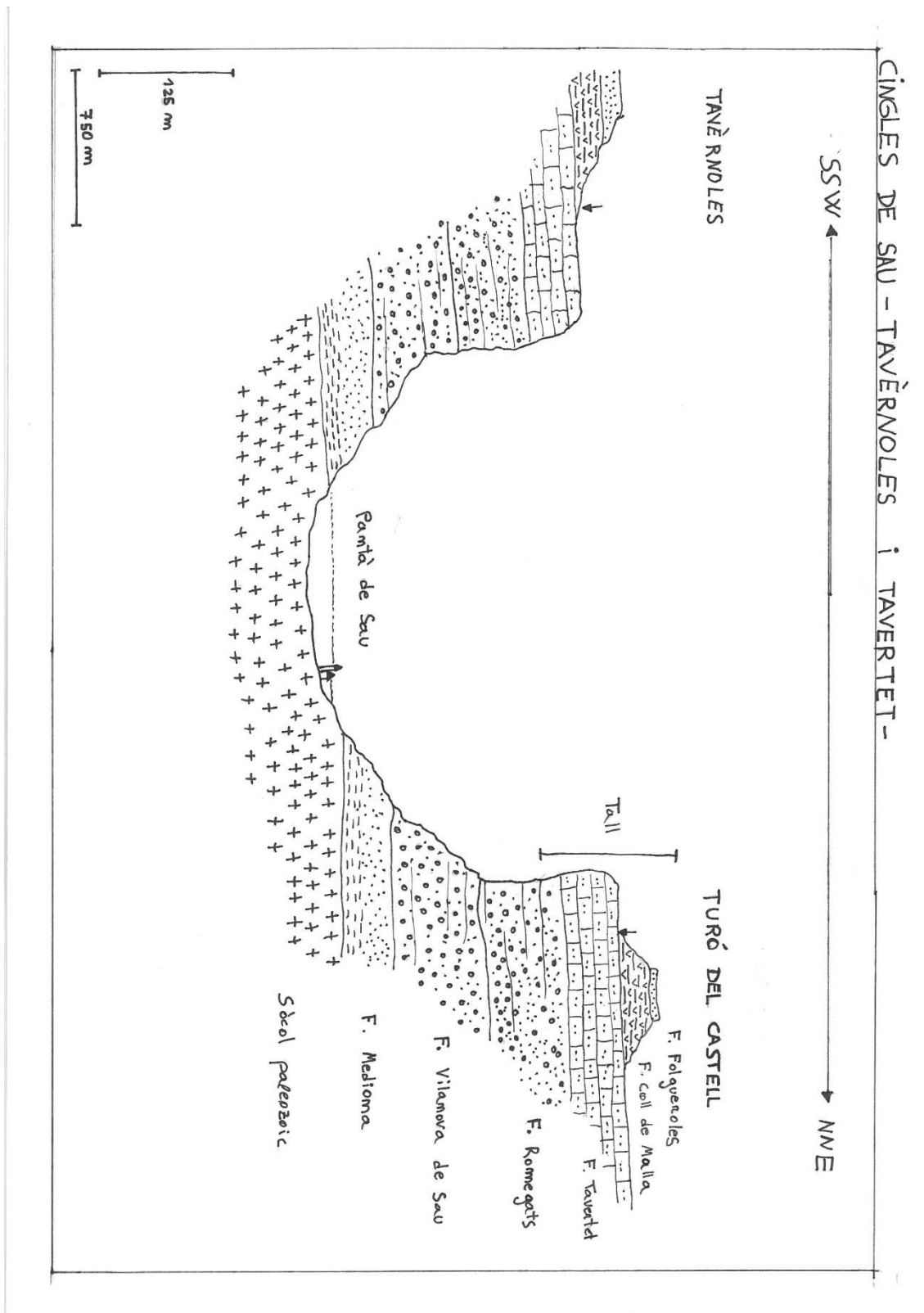
Malgrat considerar l'èxit del treball, penso que és necessari, ara que ha finalitzat i el puc observar amb una certa perspectiva, fer-ne una petita crítica. Crec que és un element imprescindible i extremadament útil de cara a millorar en futurs projectes.

En primer lloc, penso que hauria estat interessant poder visitar col·leccions i consultar bibliografia d'alguns dels museus geològics i paleontològics de Catalunya. Malgrat haver-ho intentat en un parell d'ocasions, no ha estat possible. La meua planificació hauria d'haver-ho contemplat com un punt important des de bon principi.

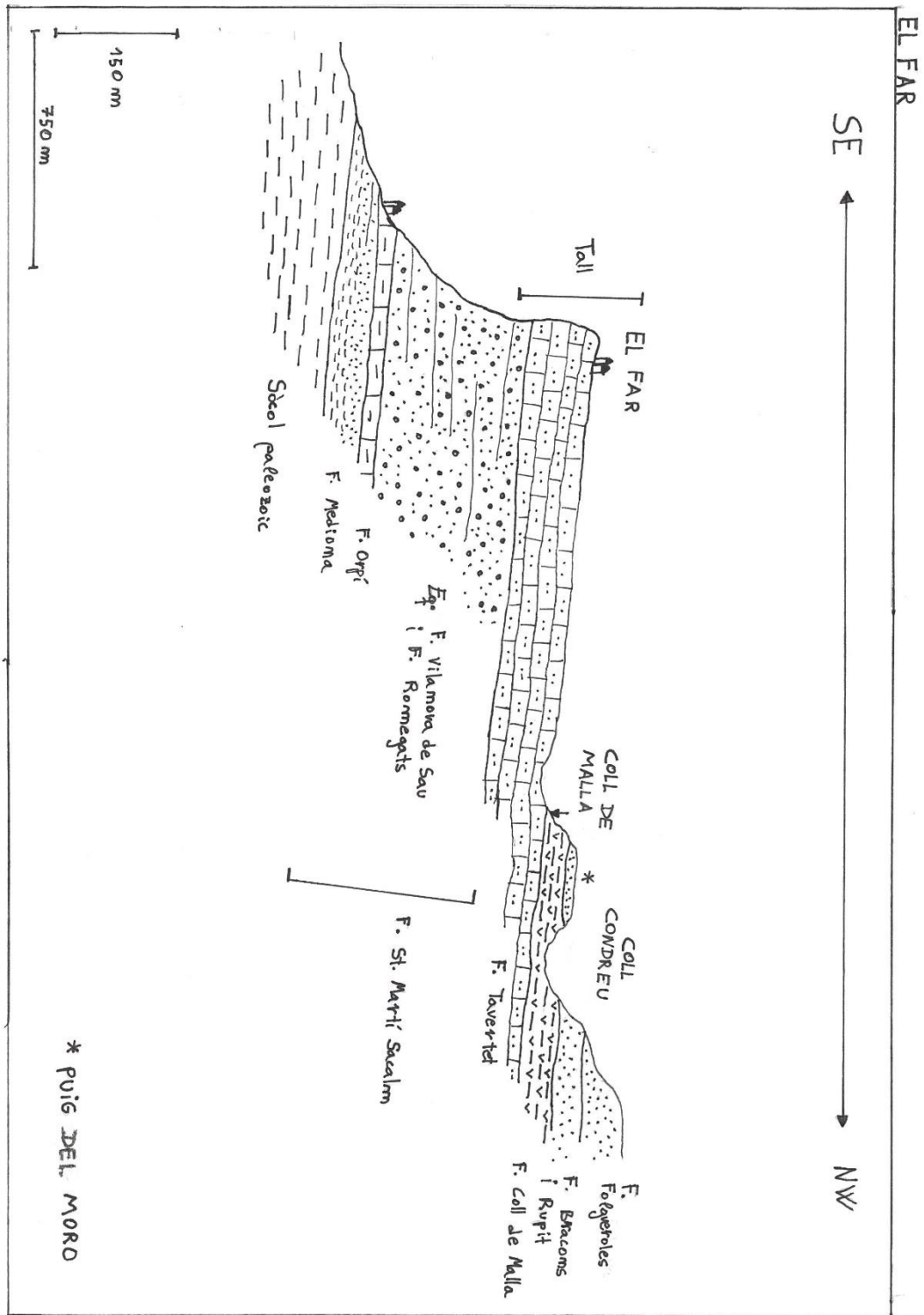
Per altra banda, els mètodes aplicats a la pràctica en la recollida de mostres no han resultat del tot eficients per a la finalitat que el treball es proposava. El fet de delimitar àrees petites per a estudiar formacions de gran calibre ha dificultat la troballa d'espècimens interessants per a la interpretació. En definitiva, haurien d'haver estat planificats amb més adequació.

Annexos

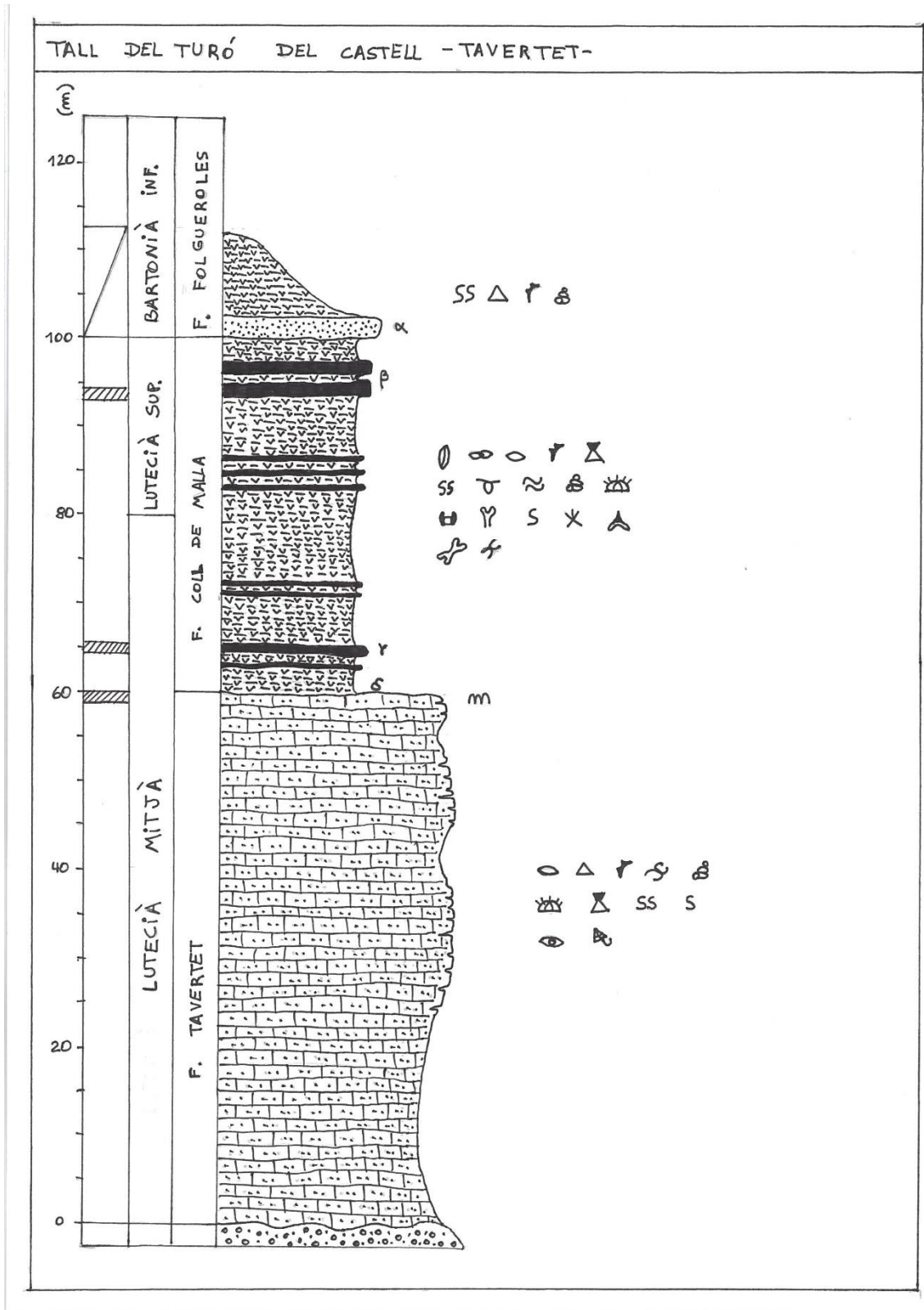
Annex I: Esquema geològic dels cingles de Sau



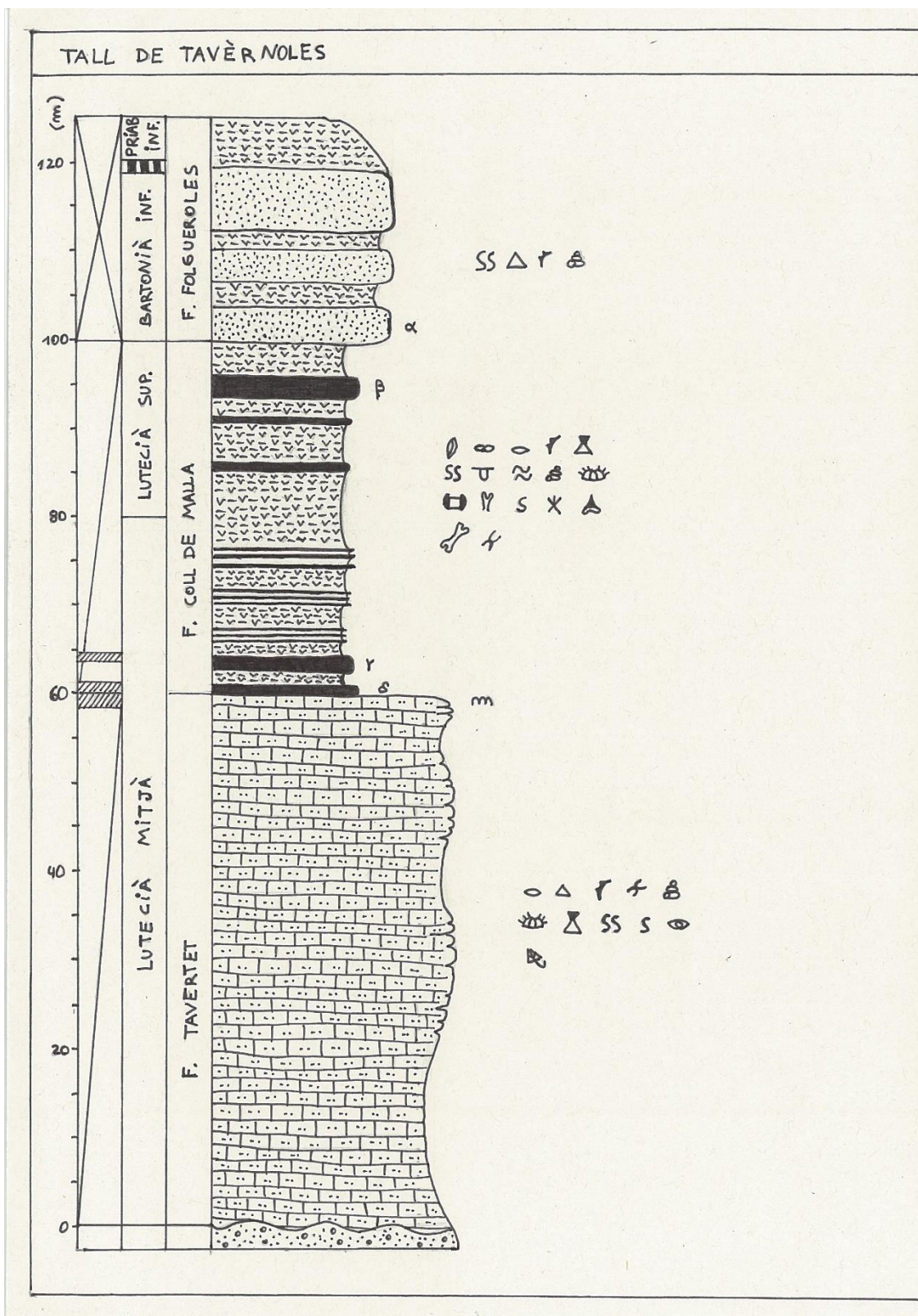
Annex II: Esquema geològic del Far



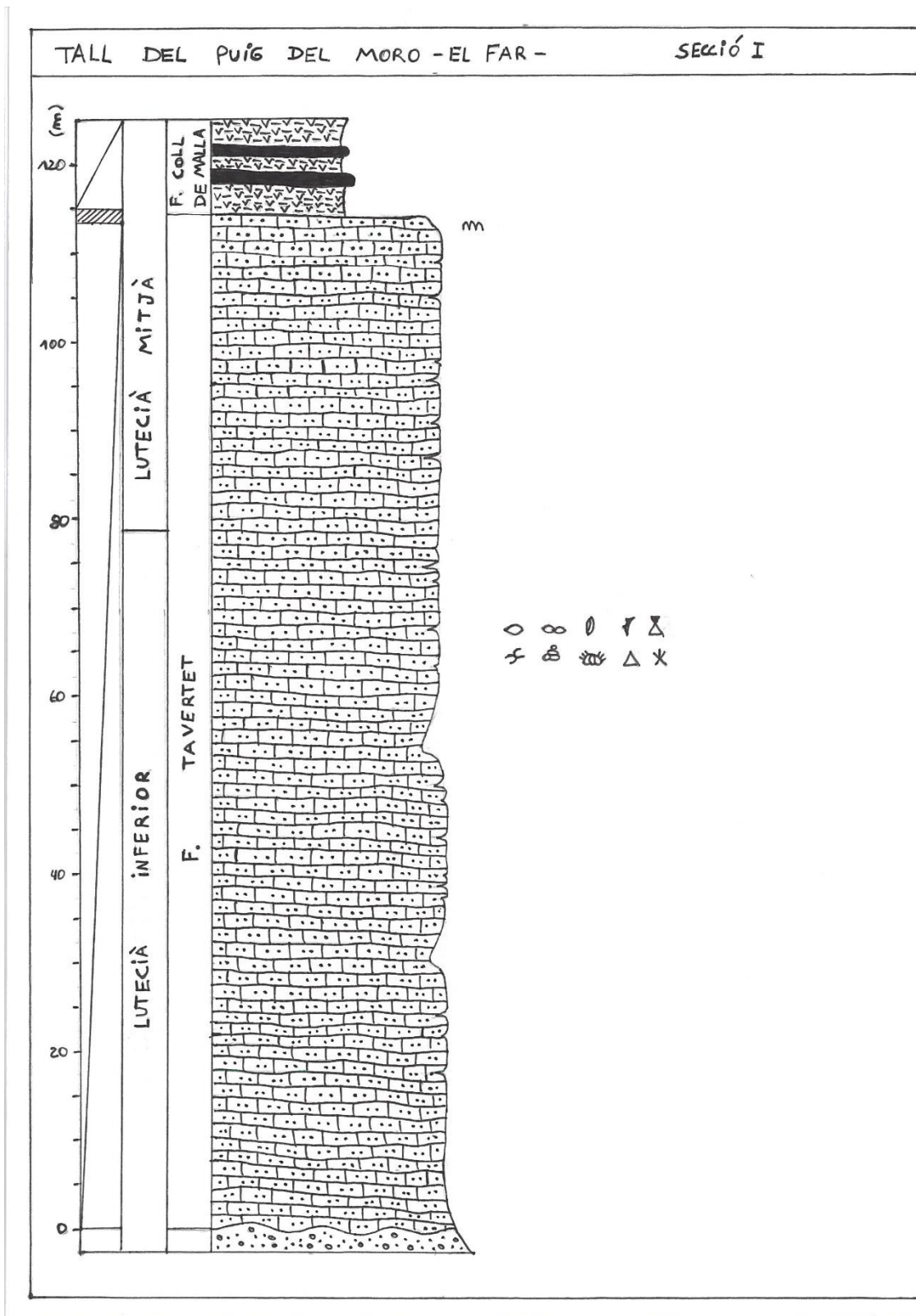
Annex III: Columna estratigràfica de Tavertet



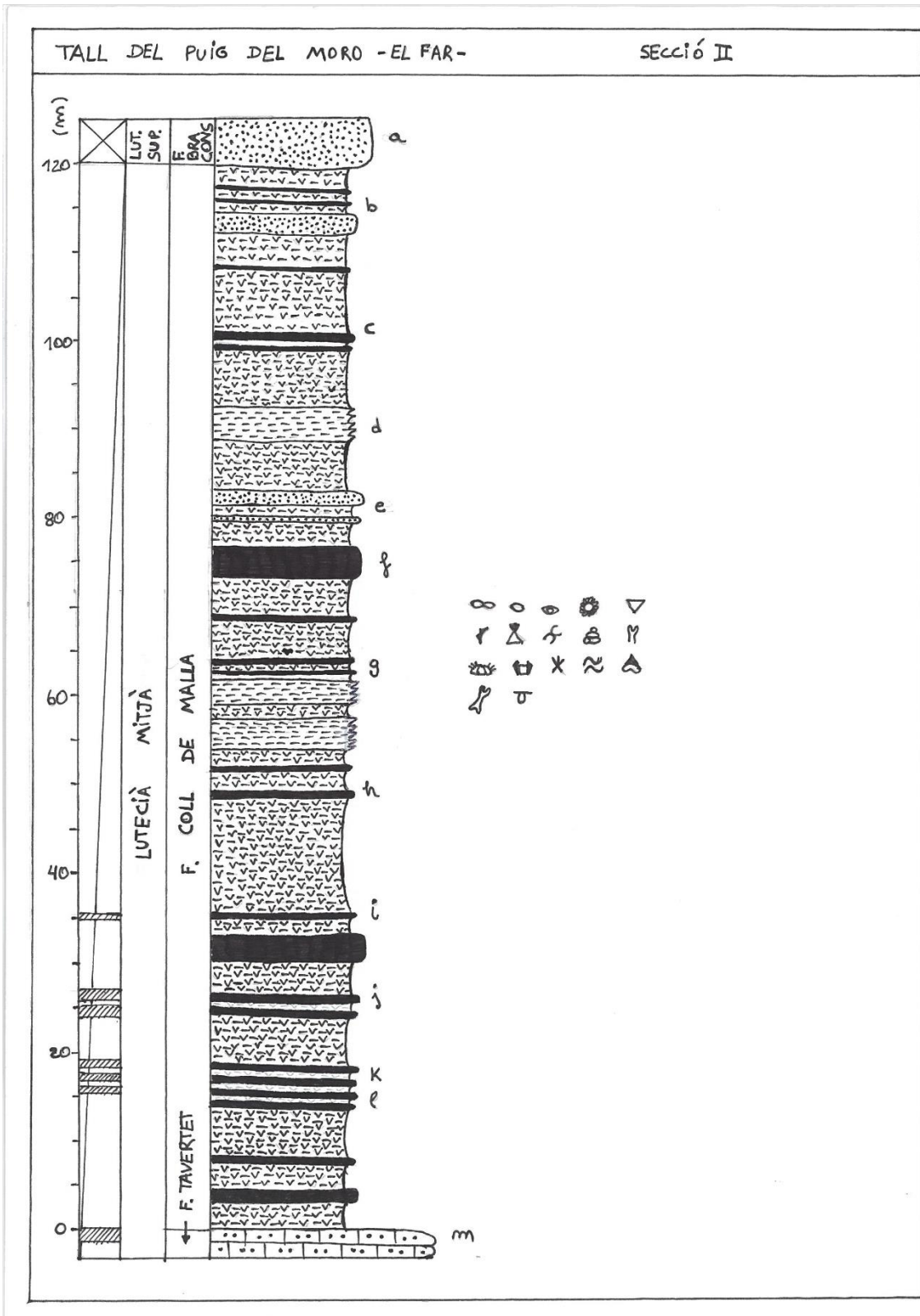
Annex IV: Columna estratigràfica de Tavèrnoles



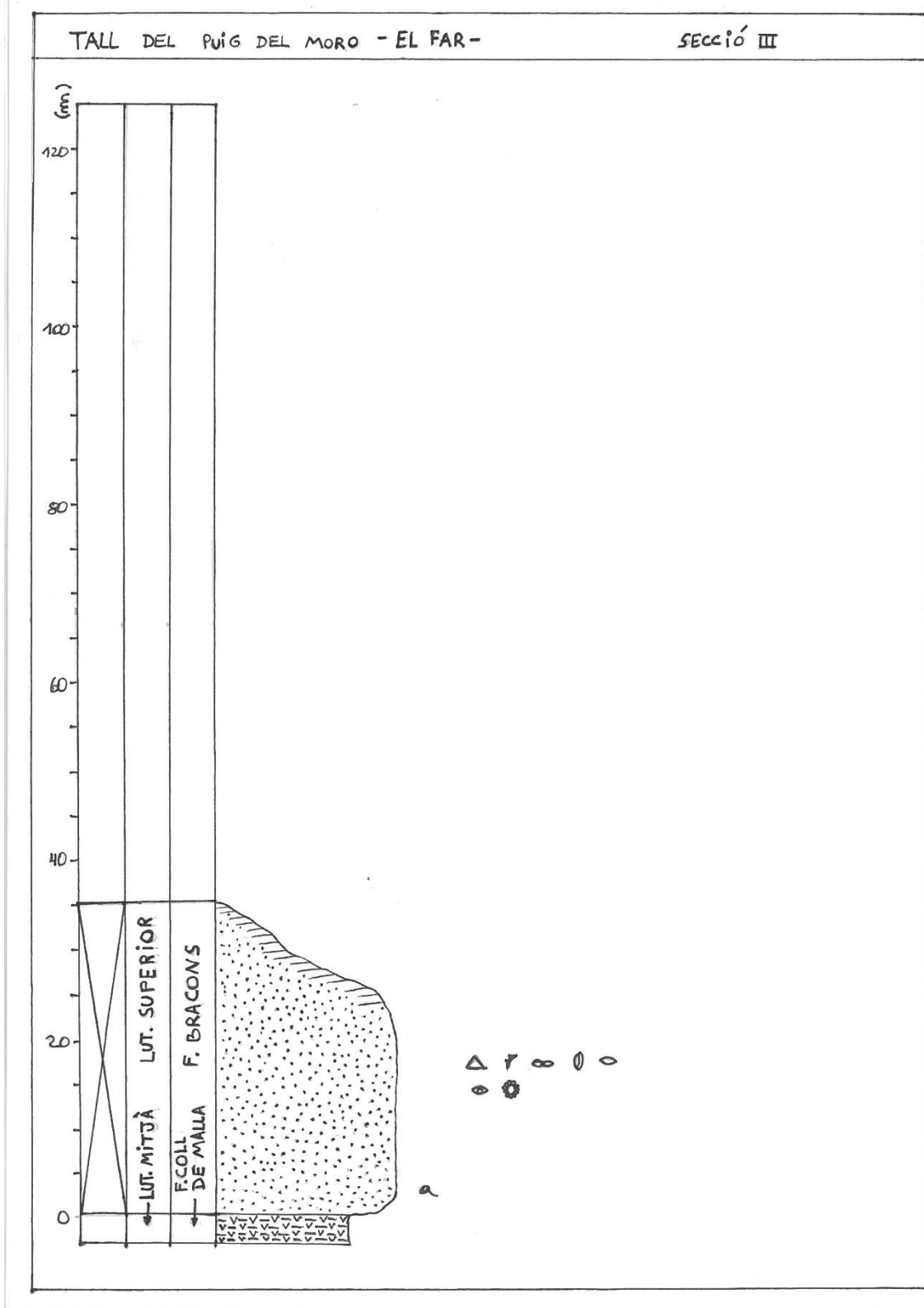
Annex V: Columna estrigràfica del Far (secció I)



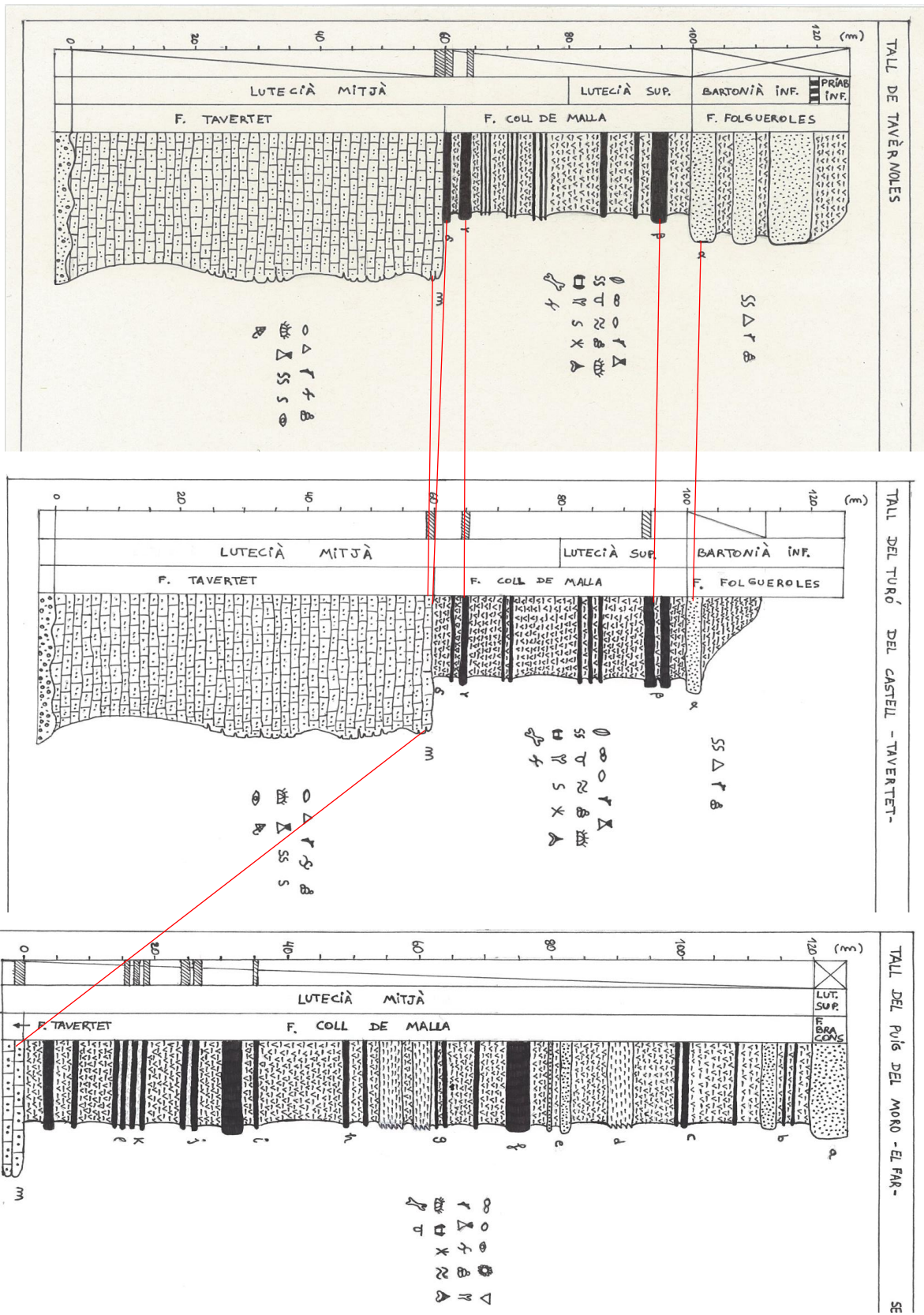
Annex VI: Columna estratigràfica del Far (secció II)



































Annex VII: Columna estratigràfica del Far (secció III)



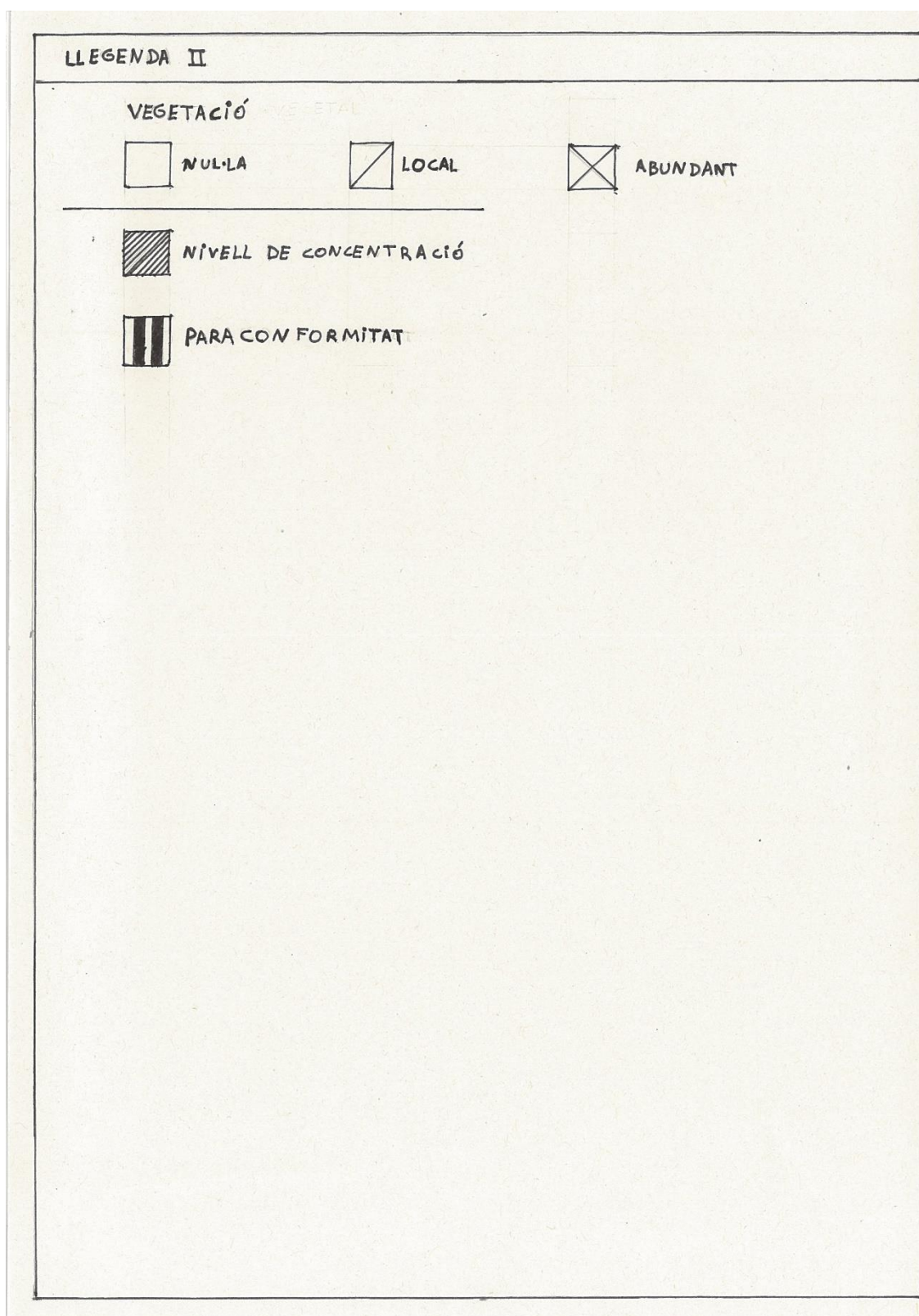
Annex VIII: Correlació de columnes



Annex IX: llegendes (I)

LLEGENDA I					
	PISSARRES		GRANITS		CALCÀRIES LUTÍTIQUES
	CALCÀRIES SORRENQUES		CONGLOMERATS		GRESOS
	LUTITES		MARGUES		MARGUES COMPACTES
	MARGUES COMPACTES LAMINADES				
	<u>NUMMULITES SP.</u>		<u>ALVEOLINA SP.</u>		MILIÒLIDS
	<u>ASSILINA SP.</u>		<u>ORBITOLITES SP.</u>		OSTREÏDS
	PECTÍNIDS		ALTRES BIVALVES		GASTRÒPODES
	EQUÍNIDS		ASTEROÏDEUS		BRIZOUS
	SELACIS		OSSOS DE SIRENI		DECÀPODES
	RESTES VEGETALS		BIOCLASTOS		ANÈL·LIDS
	BRAQUIÒPODES		BURROWING (EXCAVACIONS)		THALLASSINOÏDES
	OPHIOMORPHA				

Annex X: llegenda (II)



Annex XI: descripció dels nivells de les columnes estratigràfiques

En tots tres casos, s'observa a les Margues de Coll de Malla una sèrie de nivells amb contingut fòssil separats per paquets massius estèrils (interzones estèrils). A continuació es fa una senzilla valoració paleontològica d'aquests nivells, que s'han numerat alfabèticament. També s'inclouen els nivells limítrofs de la F. Taverter i la F. Folgueroles. La seva posició estratigràfica està indicada als talls geològics.

Les dades aquí mostrades sobre els diferents nivells es basen exclusivament en les observacions de camp, i no en la bibliografia consultada. Tanmateix, la informació indicada als talls sobre la presència de determinats tàxons és fruit d'una combinació de les fonts consultades i les observacions de camp.

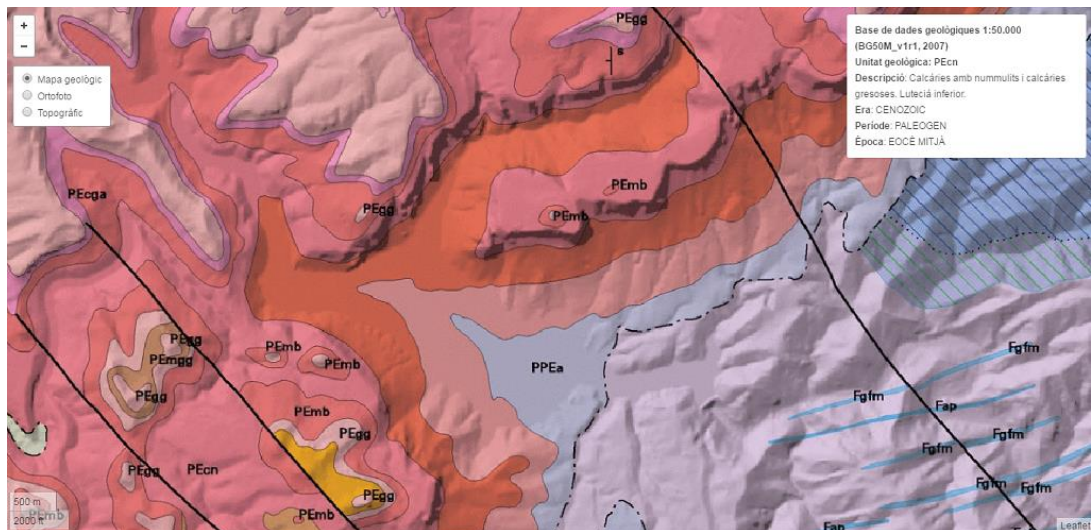
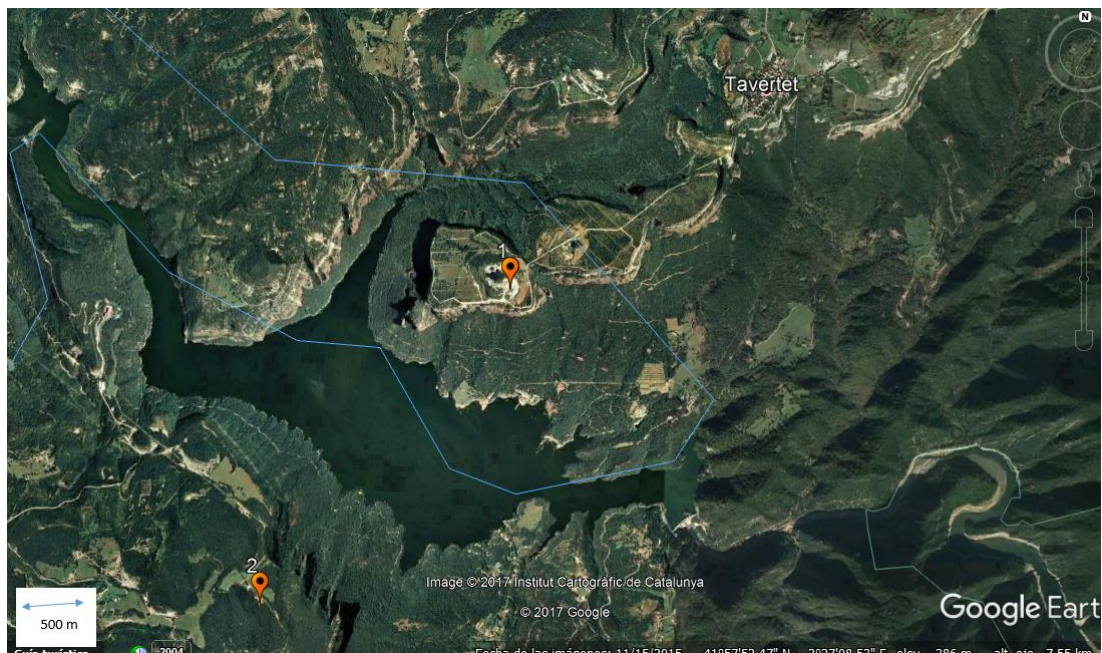
El Far

1. **Nivell a:** Gresos amb fragments petits i trossejats d'ostreids i pectínids. Foraminífers diversos i abundants, entre els quals s'ha identificat miliòlides, *Alveolina* i *Orbitolites*. Bioclastos.
2. **Nivell b:** Restes de crustacis, ostreids i altres bivalves.
3. **Nivell c:** Crancs, gastròpodes, equínids (*Coelopleurus*), ostreids, pectínids i altres bivalves. Thallassinoides.
4. **Nivell d:** Thallassinoides, però molt pobre.
5. **Nivell e:** Thallassinoides, lleugera bioturbació.
6. **Nivell f:** Thallassinoides, però molt pobre.
7. **Nivell g:** Equínids, gastròpodes, ostreids, pectínids i altres bivalves. Thallassinoides en aquest nivell i en els horitzons compactats que segueixen.
8. **Nivell h:** Ostreids, equínids i nummulits.
9. **Nivell i:** Crancs, equínids, nummulits, gastròpodes, ostreids, pectínids i altres bivalves.
10. **Nivell j:** Crancs, equínids, nummulits, gastròpodes i bivalves abundants.
11. **Nivell k:** Nummulits, equínids, pectínids, ostreids, gastròpodes (*Turritella*)
12. **Nivell l:** Mateix que a l'anterior però amb absència de nummulits.
13. **Nivell m:** Últims horitzons de les calcàries i transició amb les margues. Nummulits, equínids, ostreids, pectínids i asteroideus.

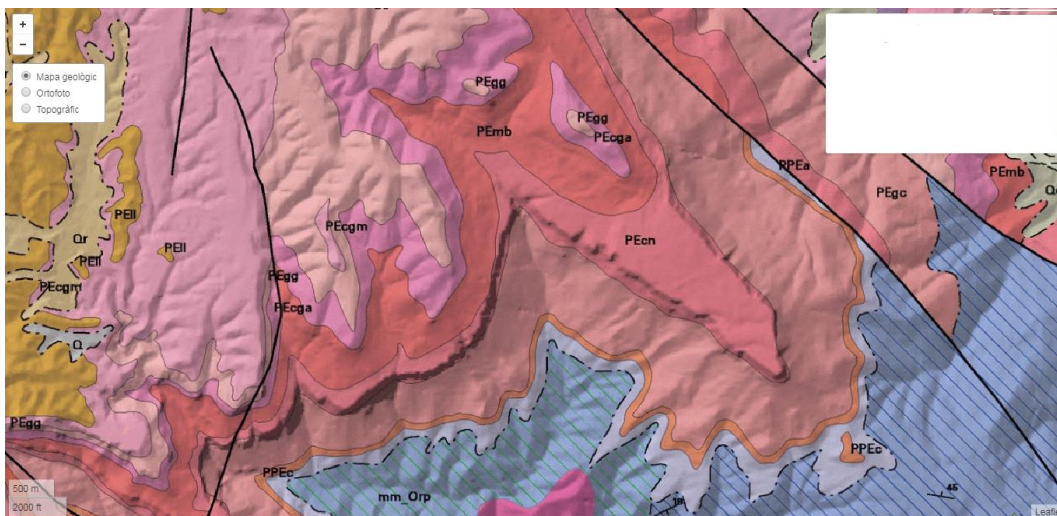
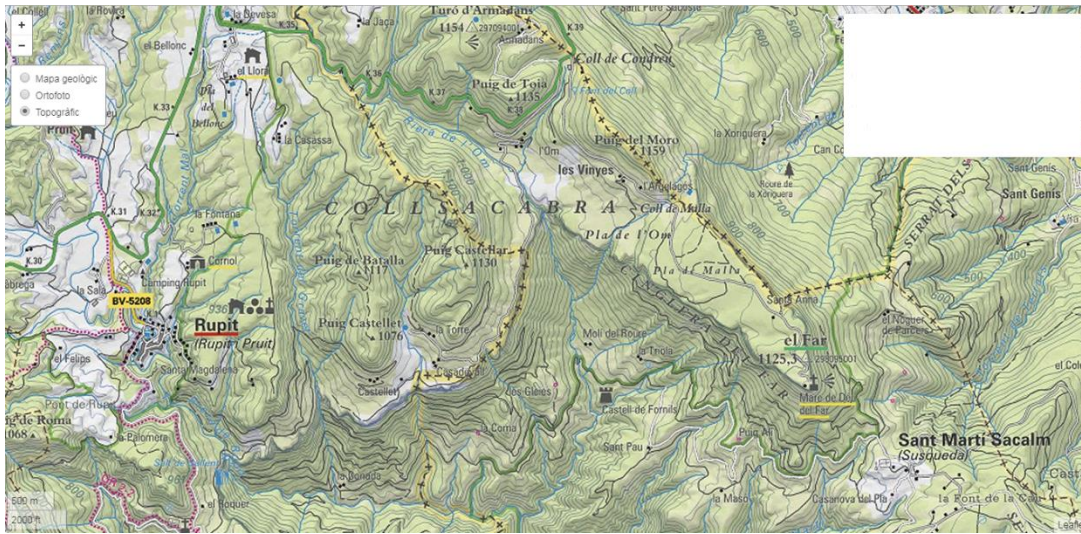
Tavèrnoles i Taverter

1. **Nivell α:** Fragments molt triturats d'ostreids i algun gastròpode. Thallassinoides i lleugera bioturbació. Bioclastos.
2. **Nivell β:** Banc d'ostreids on també abunden, localment, restes de crancs, equínids (*Coleopleurus*) gastròpodes, briozous, nummulits i bivalves de tota mena.
3. **Nivell γ:** Nivell de Can Faló o de T. modregoi. Equínids, crancs, briozous, asteroideus, ostreids, pectínids i altres bivalves.
4. **Nivell δ:** Briozous, equínids, crancs, ostreids i pectínids.
5. **Nivell m:** Últims horitzons de les calcàries i transició amb les margues. Nummulits, equínids, ostreids, pectínids i asteroideus.

Annex XII: Mapes dels cingles de Sau



Annex XIII: Mapes del Far



Annex XIV: Fotografies dels afloraments



1. Vista de les Margues de Coll de Malla a la carena nord del Turó del Castell, Tavertet



2. Detall del Nivell de Can Faló a la carena nord del Turó del Castell, Tavertet



3. Superfície del Nivell de Can Faló a la carena est del Turó del Castell, Tavertet



4. Superfície del Nivell α a la carena est del Turó del Castell, Tavertet



5. Punt de mostreig a la base del Puig del Moro, el Far.



6. Aflorament de margues a Tavèrnoles, on es va realitzar el mostreig.

Annex XV: Fotografies dels afloraments



7. Procediment per delimitar la superfície de mostreig



8. Observació i presa de notes de la successió estratigràfica al Pla del Castell, Tavertet

Annex XVI: fotografies de fòssils (I)



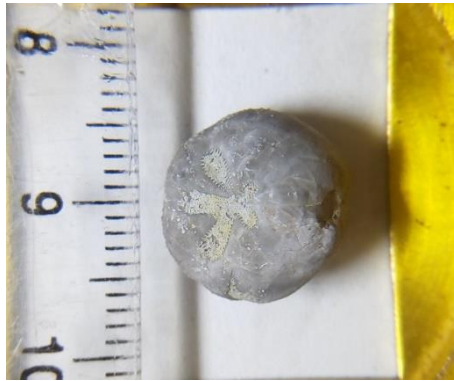
1. Ossicles d'estrella de mar, Tavèrnoles.



2. *Ancilla* sp., el Far.



3. *Nucula* sp., Tavèrnoles.



4. *Ditremaster covazii*, el Far.



5. *Nummulites* sp., el Far. L'exemplar de l'esquerra es troba obert pel mig, de manera que s'aprecia l'estructura interna de l'esquelet.



6. Imatge augmentada d'*Assilina* sp, el Far.

Annex XVII: fotografies de fòssils (II)



7. *Colneptunus hungaricus* trobat a Tavèrnoles.



8. Mateix espècimen un cop netejat. Se n'observa el ventre, les pinces i les peces bucals.



9. *Volutilithes sp.*, el Far.



10. Espècimen recollit al Far que sembla ser un pòlip coral·lí.

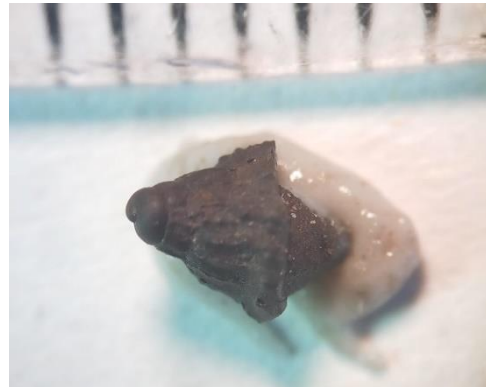


11. Pectínids del Far

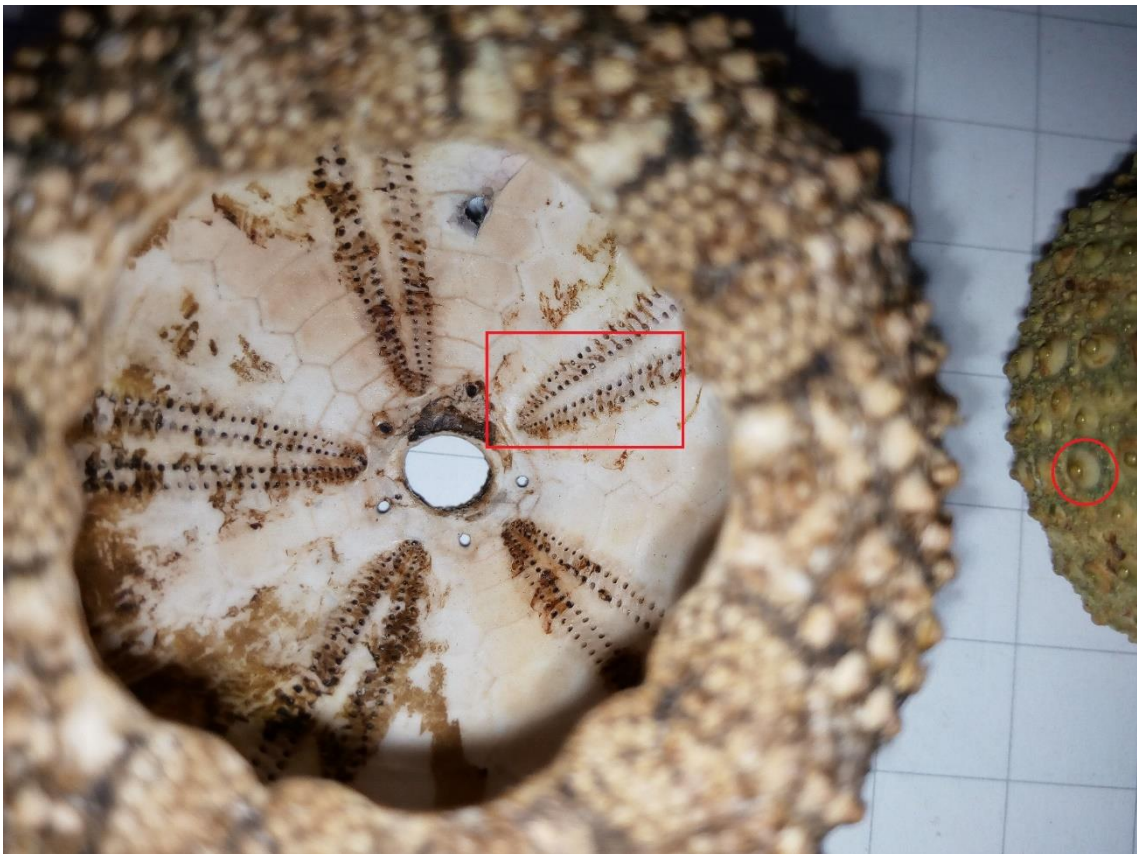
Annex XVIII: fotografies de fòssils (III)



12. A l'esquerra, un fragment d'espina d'equinid (*Prionocidaris*). A la dreta, fragments de closca.

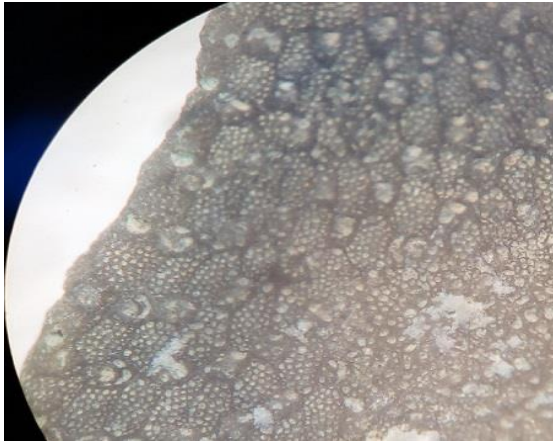


13. Detall de *Sigmesalia* sp. sota lupa binocular. Taveret.



14. Fotografia de closques d'equinids actuals. S'ha marcat en vermell els patrons i dibuixos que es corresponen amb els fragments de les restes fòssils. La protuberàncies arrodonides de les closques (com la que hi ha marcada a la closca de la dreta) es corresponen a on les espines de l'eríçó se subjectaven.

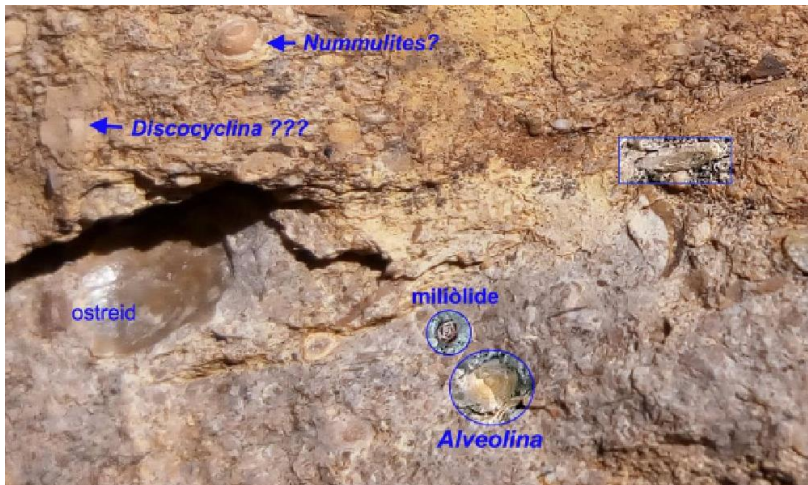
Annex XIX: fotografies de fòssils (IV)



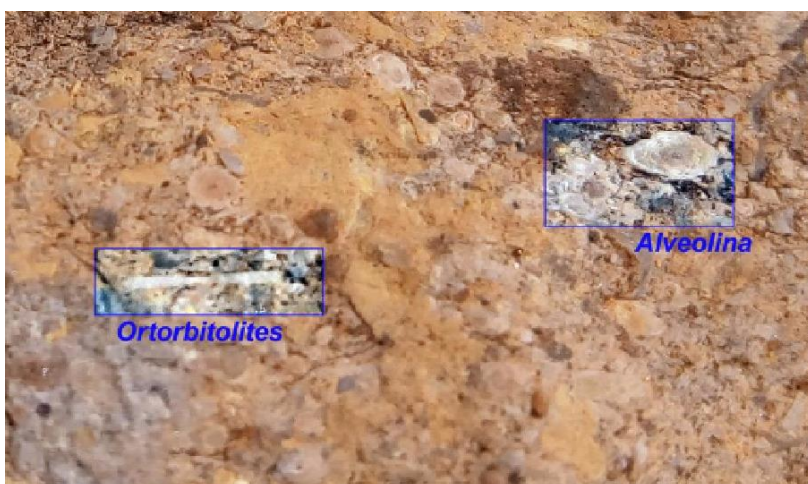
15. Detall d'un briozou brancós i laminar (*Smittina*), de Tavertet, vist sota lupa binocular.



16. Fotografia augmentada d'una closca de *Typilobus modregoi*. Poden observar-se, a la part superior, les dues òrtibes oculars.



17. Diversos foraminífers identificats en la superfície d'un nivell de gresos de la Fm. Bracons

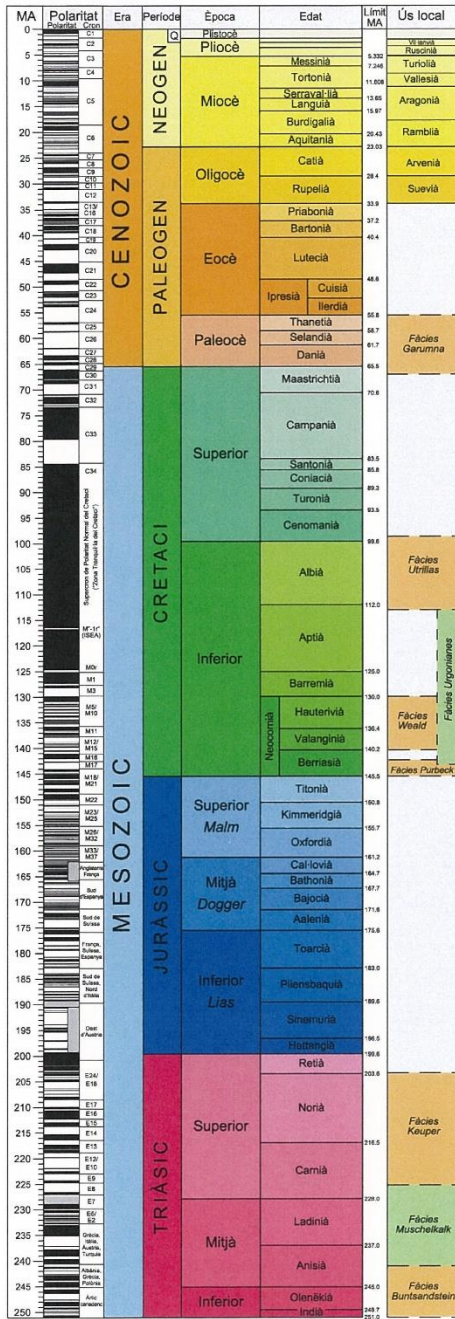


18. Foraminífers identificats en la superfície d'un nivell de gresos de la Fm. Bracons.

Annex XX: taula dels temps geològics

Taula dels temps geològics

DETALL DEL MESOZOIC I DEL CENOZOIC

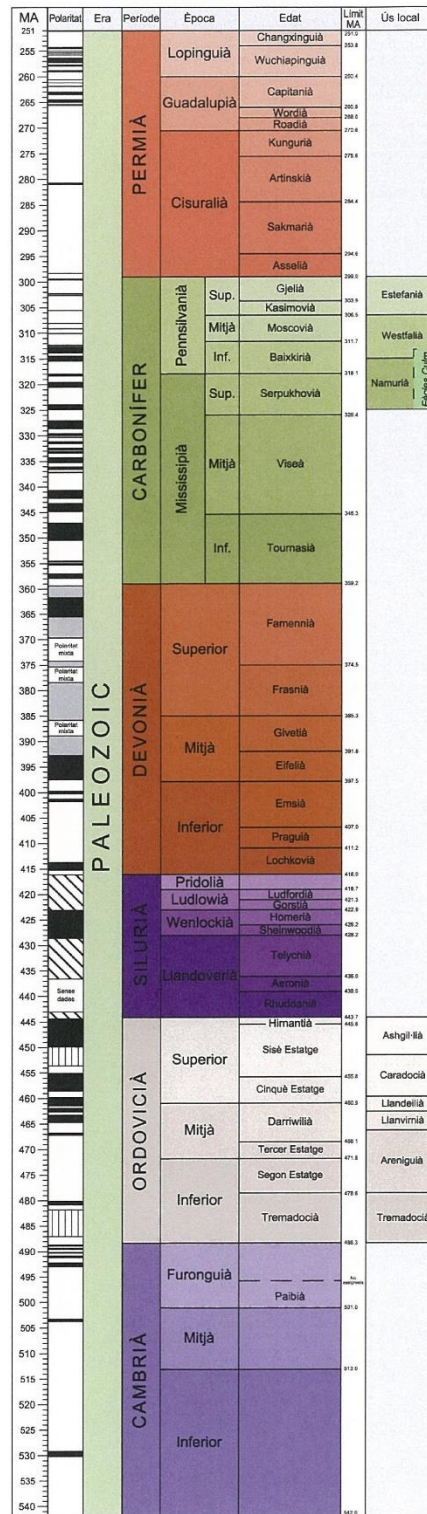


© Institut Geològic de Catalunya



Balmes 209-211 - 08006 Barcelona - Catalunya - Espanya
Tel. 34-93 553 84 30 - Fax: 34-93 553 84 40 - http://www.igc.cat

DETALL DEL PALEOZOIC



Referències

1. Abad, A. (2001). Paleotaxodonta y Pteriomorphia del Eoceno del margen sur de la Depresión Central Catalana. Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Geologia.
2. Agustí, J.; Àlvarez, G.; Calzada, S.; Caus, M.; Gallemí, J.; López, C.; Martinell, J.; Martínez, R.; Martínez, X.; de Porta, J.; Reguant, S.; Sanz de Siria, A.; Solé, N.; Trunyols, J.; Trunyols, M. & Via, L. (1988). Història natural dels Països Catalans: Registre fòssil. Vol. 15. Fundació Enciclopèdia Catalana. ISBN: 84-7739-022-3. Barcelona.
3. Amics del Museu Geològic del Seminari de Barcelona. Consultat el 21/05/2017 des de: <http://museugeologic.blogspot.com.es/>
4. Almirall, J. & Via, L. (1976). Excepcional exemplar d'estel·làrid (*Teichaster poritoides*) trobat a l'Eocè de Castellterçol. Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural, núm. **40**, p. 5-10.
5. Àlvarez-Pérez, G.; Barnolas, A.; Busquets, P.; Ferràndez-Cañadell, C.; Franquès, J.; Mató, E.; Romero, J.; Samsó, J.M.; Saula, E.; Serra-Kiel J.; Tosquella, J. & Travé, A. (2003). An inventory of the marine and transitional Middle/Upper Eocene depòsits of the Southeastern Pyrenean Foreland Basin. *Geologica Acta*, núm. **2**, p. 201-229.
6. Artal, P.; van Bakel, B.W.M. & Onetti, A. (2017). A new inachid crab (Brachyura, Majoidea) from the Middle Eocene of the provinces of Barcelona and Girona (Catalonia, Spain). *Batalleria*, núm. **24**, p. 6-12.
7. Artal, P. & Hyzný, M. (2016). An appraisal of *Typilobus Stoliczka, 1871* (Crustacea, Brachyura, Leucosioidea), with description of a new family and genus. *Zootaxa*, núm. **3**, p. 387-398.
8. Baltiérrez, A. (2012) Guia de camp TRANSCATALONIA 2012: Comarca d'Osona (Plana de Vic i rodalies) Institució Catalana d'Estudis Agraris i Delegació Catalana de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Barcelona.
9. Barnolas, A. (1992). Evolución sedimentaria de la Cuenca Surpirenaica Oriental durante el Eoceno. *ACTA GEOLOGICA HISPANICA*, núm. **1-2**, p. 15-31.
10. Barnolas, A.; Colombo, F.; Orti, F.; Reguant, S.; Serra-Kiel, J. & Taberner, C. (1987). El terciari de la Plana: plantejaments i resultats plurals. *Ausa*, núm. **118-119**, p. 254-264.
11. Boned, M. Tiempo.com. Consultat el 21/05/2017 des de: <https://www.tiempo.com/ram/2424/la-historia-del-clima/>
12. Breton, G. & Vizcaïno, D. (1997). Asteroids (Equinodermata) from the Middle Eocene (Ypresian) of the Corbières (Aude, France): taxonomy, paleobiogeographic and evolutive relations. *Bulletin de la Société d'Études Scientifiques de l'Aude*, núm. **97**.

13. Busquets, P.; Reguant, S. & Vilaplana, M. (1986). Geologia de la Plana de Vic. Publicacions del Patronat d'Estudis Ausonencs. ISBN: 84-505-4944-2. Sant Hipòlit de Voltregà.
14. Carrasco, J.F. (2005) *Calzadaster friasi*. Un nuevo genero y una nueva especie de Spatangoida (Equinoidea), del Eoceno de Cataluña. Batalleria, núm. **12**, p. 49-56.
15. Carrasco, J.F. & Farrés, F. (2001). Excepcional hallazgo de fases juveniles de *Coelopleurus coronalis* (Echinoidea) en el Eoceno de Vic (Barcelona). Batalleria, núm. **10**, p. 37-48.
16. Clavell, E.; Gich, M.; Reguant, S. & Rossell, J. (1967). Estratigrafía del Paleógeno en la zona de tránsito entre la Cordillera Prelitoral Catalana y el Pirineo. Acta Geologica Hispanica, vol. 2, núm. **1**, p. 13-19
17. Digital Atlas of Ancient Life. Consultat el 29/08/2017 des de: <http://www.digitalatlasofancientlife.org/learn/mollusca/gastropoda/caenogastropoda/>
18. Diccionari de Geologia. Institut d'Estudis Catalans. Consultat del 12/07/2017 fins al 29/10/2017 des de: <http://cit.iec.cat/dgeol/default.asp>
19. Fossilworks: Gateway to the Paleobiology Database. Consultat del 29/08/2017 fins al 29/10/2017 des de: http://fossilworks.org/bridge.pl?a=taxonInfo&taxon_no=122843
20. Geologia de la Placa Ibèrica i Catalunya. Geologia de les terres gironines (2014). Projecte guanyador de la 13^a edició Beca Josep Pallach. Ajuntament de Girnoa. Universitat de Girona.
21. Geozona 216 Cingles de Tavertet-El Far. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Direcció General del Medi Natural.
22. Gich, M. (1969). Las unidades litoestratigráficas del Eoceno pre-pirenaico del Ripollés Oriental (prov. de Gerona y Barcelona). ACTA GEOLOGICA HISPANICA, núm. **1**, p. 5-8.
23. Gómez-Alba J.A.S. (1988) Guía de campo de los fósiles de España y Europa. Ediciones Omega. ISBN: 84-282-0760-7. Barcelona.
24. Gradstein, F.M.; Ogg, J. G.; Schmitz, M. & Ogg, G. (2012). The Geologic Time Scale 2012. Elsevier, p. 1.176.
25. Historia de la Tierra 05. Consultat el 21/05/2017 des de: <https://sites.google.com/site/historiadelaTierra05/la-tierra-en-la-era-terciaria-cenozoico>
26. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Consultat el 07/05/2017 des de: <http://www.icgc.cat/Ciutada/Explora-Catalunya/Atles2/Atles-Geologic-de-Catalunya/Historia-geologica-de-Catalunya>
27. Mapa Geològic de Catalunya. Consultat el 24/08/2017 des de: http://betaportal.icgc.cat/visor/client_utfgrid_geo.html
28. Mapa geològic de España: Banyoles. Segunda serie – Primera edición. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Madrid. ISBN: 84-7840-201-2.

29. Mapa geológico de España: Vic. Segunda serie – Primera edición. Instituto Geológico y Minero de España. Servicio de Publicaciones. Madrid.
30. Mató, E. & Saula, E. (1991) Los ciclos sedimentarios del Eoceno medio y superior en el sector NE de la depresión del Ebro (zona de Bergas-Vic). Caracterización de sus límites. GEOGACETA, núm. **10**, p. 45-48.
31. Mikuz, V. (2008). The serpulid worm *Rotularia spirulaea* from Eocene beds near Gracisce, in Istria, Croatia. Geologija, núm. **2**, p. 161-168.
32. Museo Virtual, Geología. Consultat el 12/09/2017 des de: <http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05c-3.htm>
33. Larghi, C. (2002) *Mithracia opionii* sp. nov. (Crustacea, Decapoda, Brachyura) from the Eocene of Chiampo (Vicenza, Italy). Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, núm. **29**, p. 61-68.
34. Reguant, S. (1991). Estratigrafía y registro fósil. Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia, Universitat de Barcelona. ACTA GEOLOGIA HISPANICA, núm. **2**, p. 91-95.
35. Ruiz, L. (2003) Historia geológica de Cataluña. Asociación Para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.
36. Serra-Kiel, J. (1982) Contribució a la paleobiologia dels "Nummulites". Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural. Secció de Geologia, núm. **3**, p. 19-29.
37. SCRIBD. Consultat el 24/06/2017 des de: <https://es.scribd.com/document/93673999/Estratigrafia-de-Tavertet>
38. SlideShare. Consultat el 12/09/2017 des de: <https://es.slideshare.net/pedrohp19/ambientes-sedimentarios-y-rocas-sedimentarias>
39. Uriarte, A. (2010) Historia del clima de la Tierra. Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia. ISBN: 978-8445730371.
40. Taxonomía invertebrados no artrópodos. Consultat el 29/10/2017 des de: http://taxonomia-invertebrados-no-artropodos.blogspot.com.es/p/phylum-bryozoa_29.html
41. Tesis doctorales en red. Consultat el 24/06/2017 des de: <http://www.tesisenred.net/handle/10803/3432>
42. Via, L. (1959). Crustáceos decápodos del Eoceno español. PIRINEOS, núm. **91-94**.
43. Viñas, J.M. (2012). El clima de la Tierra a lo largo de la historia. Universidad de Alicante. IX Seminario Historia y Clima: Clima, Naturaleza, Riesgo y Desastre.
44. Viquipèdia. Consultat del 31/05/2017 fins al 29/10/2017 des de: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Portada>
45. Worldwide Mollusc Species Data Base. Consultat el 29/08/2017 des de: <http://www.bagniliggia.it/WMSD/HtmSpecies/6158000036.htm>