

# CIÈNCIA

---

ANY VI

VOL. VI

NÚM. 42

REVISTA CATALANA  
DE  
CIÈNCIA I TECNOLOGIA

20 DE

NOVEM.

DE 1931

---

## LA GEOLOGIA DEL PIRENEU CATALA

**D**URANT aquests darrers anys, l'estudi fisiogràfic i geològic dels Pireneus ha constituït el tema de nombrosos treballs, tots ells, certament, interessants, puix que ens palesen un conjunt d'esforços en evident profit de la coneixença d'aquesta serralada.

Elie de BEAUMONT el primer, reconegué, fa ja més de 50 anys, l'estructura general del sistema muntanyós pireneic i la seva idea primitiva d'un eix cristallí central flanquejat a una i altra banda per una sèrie de terrenys primaris, secundaris i terciaris, encara avui s'acorda amb la realitat, amb tot i que després hagin estat imaginades nombroses teories per a explicar la situació i l'orientació de les crestes, la repartició i la superposició dels elements estratigràfics.

Els nous treballs sembla que revenen a aquesta primera hipòtesi del mestre ja desaparegut i que abandonen les idees que, fa una vintena d'anys, volien explicar-ho tot mitjançant una geologia estratigràfica i tectònica massa imaginativa.

Malgrat que hom admeti que tant sobre del vessant Nord com sobre del meridional poden haver-hi fenòmens de corriment encara d'una certa amplitud, hom ha abandonat la idea d'una cadena muntanyosa construïda per l'acumulació de capes de corriment empilades, que es recobreixen les unes a les altres, com en els Alps, i procedents, després de llur arrencament, de regions situades a centenars de quilòmetres del seu lloc actual.

L'estudi geològic dels Pireneus revé al punt en què estava en els temps

dels primers autors, és a dir: una atenta sèrie d'observacions pacients sobre el terreny.

Sembla necessari conèixer bé la situació precisa i la naturalesa exacta dels elements estratigràfics i paleontològics, abans d'imaginar—fruit del somni i de la teoria geomètrica—estructures hipotètiques, les quals, massa sovint, quan són verificades sobre el terreny, palesen la insuficiència de les observacions i la interpretació errònia i pressívola dels fenòmens observats, els quals han estat simplement adaptats a una idea preconcebuda i teòrica.

De les dues vessants dels Pireneus es posseeixen actualment un conjunt de cartes topogràfiques a gran escala que ens permeten conèixer amb precisió llur constitució orogràfica i fisiogràfica. Per consegüent, la situació de les capes geològiques pot ésser, també, exactament delimitada. Els progressos de la coneixença geològica dels Pireneus són deguts, en gran part, a aquestes noves condicions, de les quals els autors dels treballs més recents han tret remarcable profit.

En ço que es refereix als Pireneus catalans, llur coneixença geològica ha progressat conjuntament amb la de les altres parts de la cadena. Darrerament, encara, diverses memòries originals han aportat elements nous i importants que projecten clarícies noves en la foscor de l'estructura tectònica de la cadena sobre la seva vessant meridional.

No tractem pas ací d'exposar en detall tota l'estructura estratigràfica i tectònica dels Pireneus, tal com hom els concebeix avui. A més, nosaltres hem tingut ja ocasió de parlar-ne als lectors de CIENCIA <sup>1</sup>. En aquest estudi ens limitarem, doncs, a donar una visió de conjunt i general sobre l'aspecte, l'estructura i l'evolució estratigràfica i tectònica dels Pireneus de Catalunya i de les regions del veïnatge. Sobre determinats punts, la nostra opinió podrà diferir de la d'altres autors; però nosaltres hem hagut de tenir en compte resultats de les nostres recerques personals, dutes a terme, durant llargues anyades, en els països catalans.

\* \* \*

De primer antuvi, direm alguns mots sobre l'expressió *Pireneus catalans*. Determinats autors no semblen pas decidits a admetre aquesta entitat geogràfica, per tant ben real, que reposa sobre condicions atmosfèriques fisiogràfiques i també geològiques netament caracteritzades. De les ribes del Noguera fins a les serres de Roses, s'estén una llarga faixa muntanyenca, les més altes carenes de la qual segueixen la línia fronterera que és, a l'emsems, la línia de partició de les aigües. Aquesta faixa, en la seva extensió O-E, pot ésser separada en dues parts: l'una, des de les ribes del

Noguera al coll de Perthus, amb altituds elevades i rocoses, conserva una individualitat molt marcada; l'altra, del coll de Perthus a les serres de Roses, conserva, també, la seva fesomia peculiar i entra en el tipus de les velles muntanyes hercinianes. Fisiogràficament, les serres de Roses i de les Alberes formen, doncs, una entitat a part; però del punt de vista estratigràfic i tectònic pertanyen a la resta dels Pirineus catalans. Aquests s'assemblen als Pirineus d'Aragó, per bé que, així mateix, netament individualitzats i fisiogràficament dissemblants.

De la mateixa manera, els Pirineus de Catalunya, situats sobre la vessant meridional de la cadena, difereixen climàticament dels Pirineus de la vessant Nord, dels quals són separats per una carena elevada, amb colls difícils de tramuntar, àdhuc per als núvols. Sobre la vessant Nord plana la humitat una gran part de l'any. Els vents atlàntics carregats de núvols segueixen aquesta elevada carena topogràfica, besen la seva vessant Nord i vénen a assolir les costes mediterrànies del Rosselló, sense haver pogut tramuntar els colls llevat rares excepcions. Són molts els qui, en el curs de llurs excursions a través d'aquestes regions, han pogut observar com les masses de núvols, afeixugades per llur càrrega d'aigua, s'enfonsaven en les altes valls de l'Ariège o del Tec, sense poder tramuntar els colls d'Envalira o de Perthus, i les cobrien d'un fred mantell de boira o de pluja, mentre que sobre la vessant meridional, en els Pirineus de Catalunya, el Sol continuava brillant i escalfant les regions de la vessant catalana.

\* \* \*

Estratigràficament i petrogràficament, els Pirineus de Catalunya són formats per una zona axial cristal·lina, amollonada al Sud per roques paleozoiques; zona axial geològica que correspon a la zona axial topogràfica més elevada i que forma, també, la zona de partició de les aigües. En els Pirineus d'Aragó, aquesta zona axial cristal·lina i paleozoica no correspon ja a la zona axial topogràfica més elevada, la qual es troba, desplaçada vers el Sud, a les serres secundàries i terciàries.

Tota la massa cristal·lina i paleozoica que constitueix per ella sola, per dir-ho així, el conjunt dels Pirineus de Catalunya, és formada d'un material de fons que podria ésser anomenat *material hercinià*, puix que està integrat per restes de l'antic plegament muntanyós de mitjans del Carbonífer (Westfalià). Aquest material hercinià conté, a més de les roques cristal·lines, elements sedimentaris pertanyents del Càmbric al Dinantià, ambdós incluits, metamorfitzats en llur major part. És aquest *substrac-*

tum, tal com hem indicat ja des de CIENCIA <sup>2</sup>, qui ha determinat, d'una manera general i definitiva, tota l'ossatura primitiva de l'estructura dels països catalans.

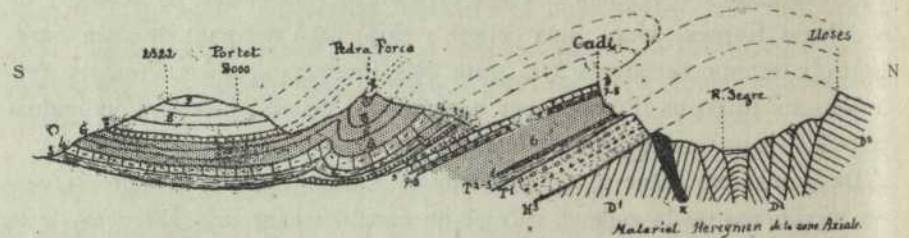


Fig. 1

Secció de la zona axial pirenenca, zona limítrofe (Cadi) i massís corregut de Pedraforca

D <sub>1</sub> i D <sub>2</sub>	Devònic	2	Lias
II	Porfiric	3	Dogger
H <sup>3</sup>	Huller (Estefanià)	4	Urgonià
T	Trias	6	Senonià marí
		7	Danià lacustre
		8	Eonumulític lacustre
1	Rhetià	9	Calisses amb alveolines del Lutecià

En efecte, és també el material hercinià el que constitueix al SE. la massa del Montseny i de les serralades del litoral que, en conjunt, nosaltres denominem *Muntanyes hercínianes de Llevant*. L'origen va íntimament lligat al dels Pirineus (fig. 2).

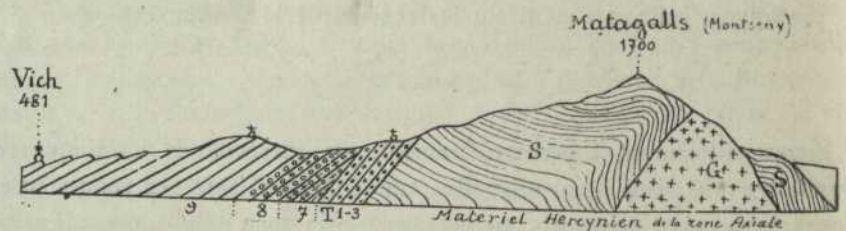


Fig. 2

Eix (Montseny) i zona limítrofe de les muntanyes de Llevant

S	Silúric	7-8	Danià lacustre
T <sup>1-3</sup>	Trias		Eonumulític lacustre

El material hercinià constitueix, també, tot el substratum sedimentari de la Catalunya central i és ell, també, el que formava el fons del sinclinal, on s'apilaren, successivament, tots els sediments secundaris i terciaris. Aquest substratum hercinià, elàstic i flexible, ha estat, i és encara, sotmès a lentes oscil·lacions que s'estenen sobre tot el país i els paroxismes de les quals han donat lloc als moviments orogènics pirenenics i alpins. Hom sap, ara, que quan es produïren aquests paroxismes, *el substratum pogué ondular*

independentment de la coberta sedimentària secundària i terciària que el recobria i que se n'ha separat. D'ací que calgui, també, concedir una gran importància a l'estudi d'aquest substratum hercinià, a la seva estructura particular, puix que, sovint, és aquesta darrera la que ha vingut a modificar l'orientació primitiva de les ondulacions post-primàries, empeses vers el Nord o vers el Sud per pressions tangencials originàries dels Pireneus o dels caires de la terra catalano-balear (Muntanyes de Llevant.) Nosaltres hem assenyalat <sup>3</sup> ja el bell exemple de les serres terciàries del Lluusanés, que foren desviades de llur direcció SO-NE. per la massa del Montseny, quan s'esdevingueren els plegaments alpins. Certs fragments de terrenys primaris de la vorada axial pirenenca (Montsec de Tost) és possible que només representin illots hercïnians, voltats de terrenys secundaris desviats de llur orientació primitiva i no fragments paleozoics arrencats al substratum hercinià i portats, per corriments a llur situació actual. Ja hem tingut ocasió d'exposar als lectors de CIENCIA <sup>4</sup> l'orientació i la forma dels plegaments hercïnians dels Pireneus de Catalunya, relligats als de Bretanya i de Provença. Recordem, solament, que les conques hulleres catalanes són orientades paral·lelament a aquests plegaments en direcció armoricana NO-SE, a l'igual que els mollons granítics de la cadena. A les conques hulleres, el Pèrmic i el Trias concorden sobre l'Estefanià (Carbonífer superior). Al contrari, aquest conjunt és discordant sobre el Carbonífer inferior, els sediments del qual pertanyen al plegament de material hercinià (Fig. 3).

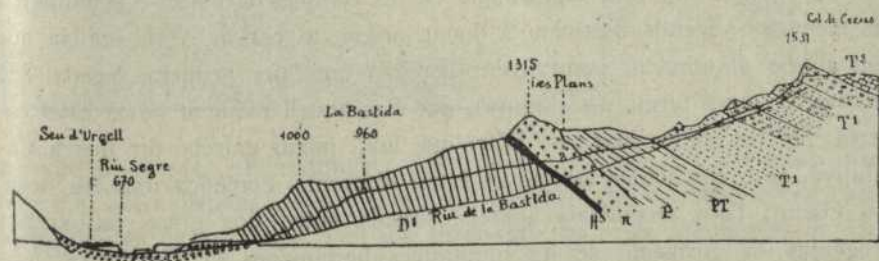


Fig. 3  
Secció del Tria al peu del Cadi

D <sup>1</sup> Devonia	PT Permotrias
H <sup>3</sup> Huller (Estefanià)	T <sup>1</sup> Vosgià
P Pèrmi.	T <sup>2</sup> Muschelkalk

No sembla pas que aquesta importància dels plegaments hercïnians i llur influència sobre els moviments pirenenics i alpins hagi atret suficientment l'atenció. Nosaltres hem d'insistir-hi, i afegim que aquests plecs hercïnians apareixen amb netedat des del Ras de Conca fins a les muntanyes

de Camprodon i, principalment, entre les altes valls del Segre i del Valira. Tot aquest material hercinià somogut durant el Carbonífer mitjà (i no durant el Pèrmic) ha servit després de suport a tots els altres sediments que s'hi han depositat en el transcurs de les edats geològiques i és ell que, sovint, es deixa veure arran de superfície, entre mig dels sediments post-primaris, en els casos en què aquests, posteriorment, han estat aixecats i després esbotzats o esquinsats en el transcurs de nous moviments orogènics. Aquest material se'ns presenta, doncs, en forma de bloc compacte i independent de llur coberta sedimentària. Aquesta darrera sembla formar una mena de pel·lícula superposada, igualment elàstica i independent. Ben sovint, aquesta coberta, despresa del seu suport hercinià, ha relliscat i ondulat sobre el substratum paleozoic; aquest, més espès als Pireneus i a les muntanyes de Llevant, ha format com dues branques d'una gegantina tenalla, entre les quals els sediments post-primaris han estat premsats, esclafats i laminats. Per la seva banda, el substratum hercinià ondulava també, però d'una manera diferent, degut a la superior rigidesa de la seva massa. Així, en esdevenir un paroxisme orogènic hi hagueren dos conjunts diferents d'ondulació, els quals actuaren, també, l'un sobre l'altre per a modificar les respectives direccions primitives. I aquest fou el cas dels plegaments pròpiament dits pireneus, i, també, d'aquells més recents de les serres (moviments alpins).

L'aixecament de les muntanyes hercíniques de Catalunya (Pireneus i Muntanyes de Llevant) sembla ésser ja acabat a l'època del dipòsit de l'Hulla (Estefanià), tota vegada que en les conques lacustres s'acumulaven els elements vegetals destinats a donar origen al carbó. Així, sembla que fou aquest aixecament muntanyenc hercinià que, per primera vegada, féu emergir la terra ferma a Catalunya, que fins aquell moment havia estat coberta per les aigües marines. D'ací que hom pugui gairebé dir que a Catalunya, amb condicions tan noves i tan diferents, començà una era nova. En efecte: l'era secundària apareix situada entre dos grans paroxismes orogènics: la formació de les muntanyes hercíniques de Catalunya i la formació dels Pireneus terciaris que s'inicià al Danià.

De totes maneres, amb el final del Carbonífer és tot un vast cicle d'erosions que comença en els països catalans. És el primer cicle que actuarà sobre les terres novament emergides. De mica en mica, les muntanyes es desagregaran; es formaran profundes valls, els cims disminuiran progressivament d'altura i les valls s'ompliran també de sorra, grava i blocs de tota magnitud, arrencats a les carenes pel treball intensiu de les aigües corrents. I així, en una contínua però lenta disgregació, les muntanyes des-

apareixen paulatinament, per esdevenir una vasta penepanura gairebé gens ondulada (Al Trias).

\* \* \*

Recentment, certs autors han volgut descobrir en els sediments paleozoics de les muntanyes de Llevant, traces marcades d'antigues ondulacions caledonianes, molt més antigues que les hercinianes. Nosaltres no podem admetre aquesta interpretació que encaixa malament amb la realitat dels fets observats. No s'han precisat, encara, discordàncies prou notables entre les diverses capes paleozoiques. Al contrari hom remarca una marcada

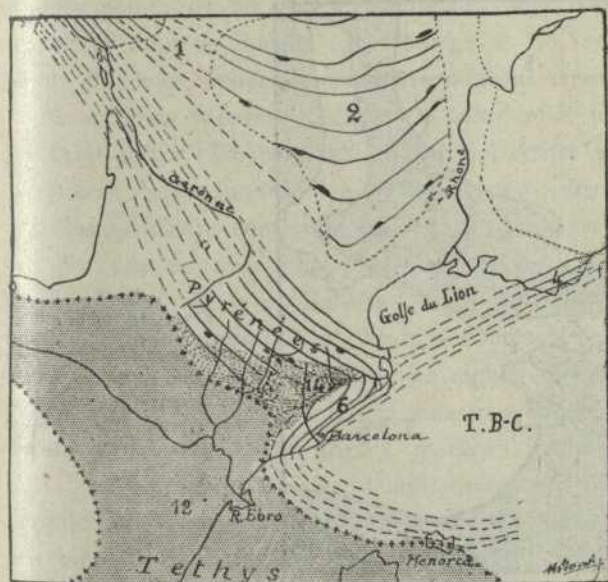


Fig. 4

Mapa de Catalunya durant el Permo-Triàs

Aquest mapa mostra l'orientació dels plegaments hercinians encara visibles, els llacs sobresaturats i el mar del Sud.

concordància entre els sediments del Silúric, Devònic i Carbonífer inferior. Per altra banda, recents recerques ens han demostrat que les capes sedimentàries paleozoiques, tant als Pirineus com a les muntanyes de Llevant, no són tan antigues com havien suposat els antics autors, que feren començar la sèrie molt abans del Càmbric. Determinades roques cristal·lofíl·lianes, classificades en altre temps entre l'Arquià, no són, en realitat, sinó roques sedimentàries silúriques profundament modificades pels fenòmens mineralitzadors del metamorfisme, que els han donat un nou aspecte petrogràfic. A les muntanyes de Llevant, determinades calisses devòniques han estat modificades així. En realitat, les muntanyes de Llevant són contemporànies dels Pirineus hercinians; en llur part SO., vers les ribes de l'Ebre, el mar carbonífer s'estengué sobre tot el país fins a l'acabament del

període, igual com a l'altre extrem dels Pirineus (Països bascos), recobrint en concordància els sediments del mar devònic. Res no fa creure que una serralada caledoniana hagi emergit en aquestes regions.

\* \* \*

Mentre dura l'aixecament de les terres hercinianes a Catalunya, el centre del país esdevé una vasta llacuna, a les ribes de la qual s'acumulen elements detrítics, puddingues i grés que, sota l'acció d'una intensa insolació, prenen coloracions vives i rutilants (Fig. 4). Són els sediments permotriàsics.

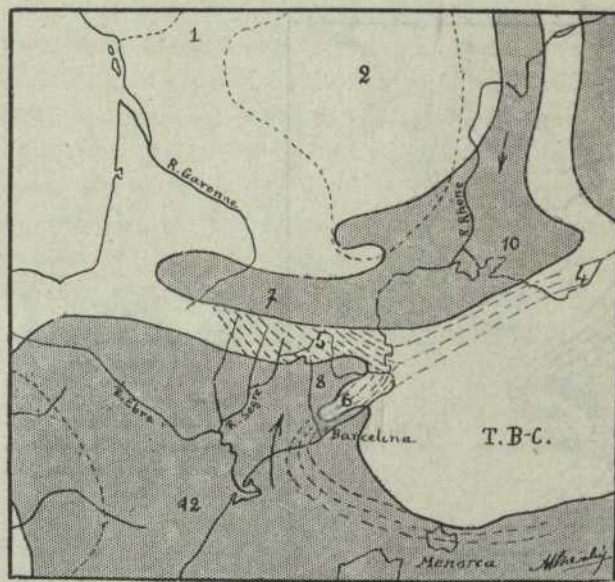


Fig. 5

El mar del Muchelkalk

A la conca del Rhone, fauna de fàcies germànica. A Catalunya, fauna de fàcies alpina. Les sagetes indiquen el sentit de les migracions de les faunes.

d'espessor sovint considerable, que hom troba tant als peus dels Pirineus com de les muntanyes de Llevant. La mar es retira cada vegada més vers el Sud, on queda acantonada fins al Trias mitjà. En aquesta època, les muntanyes, ja enrasades pels elements atmosfèrics, experimenten també un lent moviment epirogènic negatiu, i les aigües marines, sota la forma de mar epicontinental poc profunda, avancen altre cop vers el Nord i arriben novament fins al peu dels Pirineus hercinians, transformats en penneplanura àrida, seca, cremada pel sol i aixaragallada per torrents violents, però rars i temporers. Aquesta mar del Muchelkalk diposita, principalment, calisses nerítiques, les quals, al centre i al nord de Catalunya, contenen tota una fauna d'invertebrats que presenta certa semblança amb la d'Alemanya del Nord (Fig. 5). Per tant, nosaltres opinem que en aquesta època, la comunicació



marina entre la conca germànica i la conca de Catalunya era tancada per les ondulacions empordaneses hercinianes encara no desaparegudes. Les aigües del mar de Muchelkalk arribaven al Nord de Catalunya procedents de les regions alpines mediterrànies (Balears). Els animals que freqüentaven aquest mar català eren d'origen alpi ben marcat; però, degut a les diferents condicions de profunditat i de salinitat, aquests animals s'adaptaren al nou medi, el qual els comunicà un caràcter especial. La fauna del Mas de Fonoll de Potons, al Sud de Catalunya, és anàloga a la de Sant Caslà (Tirol), com també la dels encontorns de Barcelona o de Mora d'Ebre. Els amonoides de la Catalunya meridional contenen, en el Trias mitjà, espècies veïnes de les formes ladinianes dels Alps. Hom no pot, doncs, considerar aquests dipòsits com anàlegs als de fàcies germànica, sinó més bé als de fàcies alpina adaptada a condicions territorials particulars.

En el Trias superior (Keuper), i àdhuc molt probablement des de la fi del Trias mitjà (Muchelkalk), el mar del centre i del Nord de Catalunya disminueix de profunditat i es retira de nou a les regions del Sud, on roman d'una manera contínua. En efecte, en les serres dels ribatges de l'Ebre, el Trias superior és representat per dolomies de fàcies alpina (Norienc) a l'igual que a les Balears (Zones amb *Doanella*, després amb *Hoernesia* i *Pseudo-monites*). Al Nord, al contrari, s'estableix un règim lacustre, en el qual la concentració de les aigües dóna lloc a precipitacions químiques intenses, que aviat fan la vida impossible als animals. Així, els sediments representats per argiles, margues irisades amb guix, sal gemma i tota la gamma de les sals deliquescents, no mostren cap traça de vida orgànica, a excepció de certs indrets, en els quals la desalinització produïda pels torrents veïns permet, encara, la subsistència d'una fauna empobrida, composta d'animals raquítics, de petita talla, adaptats a les condicions especials del medi. El país presenta un aspecte anàleg a l'Àfrica del Nord, amb els seus salancs i els seus deserts de sorra, cremats per una insolació intensa.

\* \* \*

Sense voler insistir sobre les formacions triàsiques, assenyalarem, no obstant, el fet de la formació, durant aquest període, d'un golf, que remuntant fins a Masnou, banyà el peu dels plecs hercinians del litoral. En efecte, el fragment triàsic de Mongat-Tiana, ben conegut dels geòlegs, és, en realitat, molt més important del que s'ha cregut fins ara <sup>5</sup>, puix noves recerques personals ens han demostrat que ocupa tot el terreny situat en-

tre les ribes del Besòs, a Sant Adrià, i els tossals situats al peu del plec paleozòic del Pollo. Remuntant els barrancs de tots els torrents (Sant Jeroni, Matamoros, Canyet, etcètera), que des de les carenes de Coscovada-Pollo descendeixen vers el mar, hom el retroba en el fons suportant els alluvions quaternaris o pliocènics. Tot el conjunt d'aquests sediments triàsics de Badalona, ens demostra que després d'un període curt de disgregació atmosfèrica, representada per una petita espessor de grés vosgienc que reposa sobre el substratum hernicià, un mar salobre envai el país, mar massa poc profunda per permetre un gran desenvolupament de les espècies animals, però en la qual, gràcies a la insolació i a la salinitat de les aigües, pogueren produir-se abundants precipitacions químiques. I tota la massa del turó de Sant Mateu, que reposa sobre la petita capa vosgiana de la cota 62, representa, al nostre entendre, el període Trias mitjà i Trias superior. (Vegin-se els talls). El Trias mitjà comença per una file-ra puixant de calisses cristallines amb fucoides i giroporelles. Aquestes calisses són conglomeràtiques a la base. Vénen, després, argiles margoses rogenques amb bancs calissos que representen el Keuper i que contenen, també, dipòsits minerals. (Figures 6 i 7).

Així, doncs, els dipòsits triàsics formen la primera pel·lícula sedimentària de gran

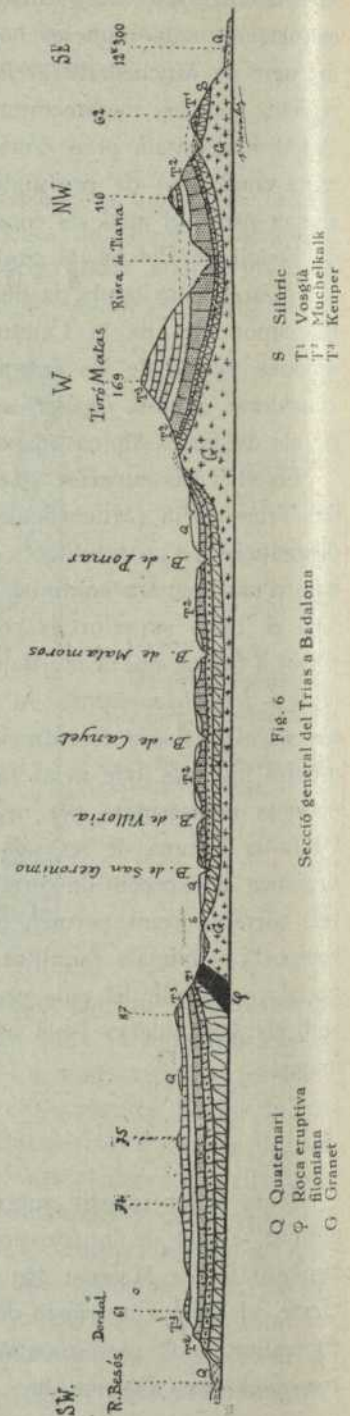


Fig. 6  
Secció general del Trias a Badalona

Q Quaternari  
R Roca eruptiva  
filoniana  
C Granet

S Silúric  
T<sub>1</sub> Vosgià  
T<sub>2</sub> Tschelkalk  
T<sub>3</sub> Keuper

extensió i d'espessor important, que es diposità sobre del substratum hercinià enrasat i ribotejat de les antigues muntanyes carboníferes. Aquesta formació sedimentària triàsica forma una vora gairebé contínua al peu Sud del plec axial dels Pirineus i al peu NO. del plec axial de les muntanyes de Llevant. L'esmentada formació té, a tot arreu, el mateix caràcter. A la base, i relligant-se insensiblement amb el Permian, es troben els gresos vermells i els conglomerats vosgians; després vénen les calisses marines nerítiques, zoògenes i fitògenes del Muchelkalk, sobrepujades per les argiles i margues rutilants del Keuper. Aquesta pel·lícula triàsica, sota la influència de les pressions orogèniques posteriors, ha pogut, en certs moments i en certs indrets, despendre's del seu substratum hercinià, al qual la seva adherència no era sinó relativa, per ésser després

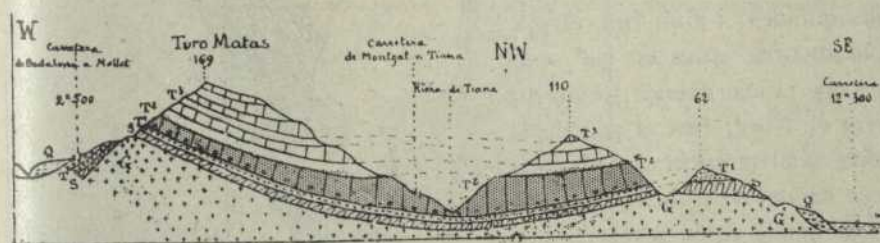


Fig. 7  
Secció del Trias a Bada ona

G	Granit	T <sup>1</sup>	Vosgià
S	Silúric	T <sup>2</sup>	Muchelkalk
Q	Quaternari	T <sup>3</sup>	Keuper

arrossegada amb les capes que posteriorment l'han recobert. És així que s'han produït els plects autònoms, independents de les ondulacions del substratum hercinià, però que n'han experimentat els contracops. Aquests plects autònoms empesos, adés vers el Sud, adés vers el Nord, segons la intensitat màxima de les pressions tangencials procedents dels Pirineus o de les terres catalano-balears (Muntanyes de Llevant), han arribat a recobrir parts determinades de la zona pirenenca; tal és el cas del massís de Pedra Forca, la sèrie sedimentària del qual, des del Trias a la base fins al Cretàc superior al cim, ha vingut a pentinar els sediments que voregen la zona axial representats per la Serra de Cadí (vegi's el tall). En les torreneres del flanc meridional d'aquesta serra, hom pot, en efecte, observar clarament els sediments del Nummulític inferior de les carenes submergits sota la massa triàsica de la base de la vessant Nord de Pedra Forca (vegi's el tall de la figura 8).

\* \* \*

Amb l'inici del Juràsic (Rhetia) el mar revingué a la Catalunya central i del NE., envaint les llacunes triàsiques i avençà, potser, fins més enllà de l'Empordà. Per tant, és possible que tot al llarg de les ribes d'aquest mar infraliàsic subsisteixin, encara, llacunes, i que les condicions de sedimentació del Rhetia vinguin a continuar, en certs indrets, les del Keuper sota la mateixa forma argilosa de dipòsits químics; i això fins vers el Charmoutià, època en què sembla que el mar avençà fortament vers el Nord, fins al peu de la zona axial pirenenca, els indrets més baixos de la qual, possiblement també foren recoberts (figura 9).

Així, es realitzen noves condicions en la Geologia del Pireneu. Les antigues muntanyes hercinianes han desaparegut i ja no formen sinó una mena de rodet continu estès al Nord i al SE. Als seus peus es dipositen sobre les ribes, els límits de les quals variaran després, sediments lacustres o marins de fàcies poc profunda. Al centre dels països catalans, al contrari, subsistirà un sinclinal prou profund on els mars juràssic, cretàcic i nummulític dipositaran llurs sediments sovint reomplerts de fòssils, amb aspectes litològics variats: calisses, margues argiloses, margo-calisses, etc.

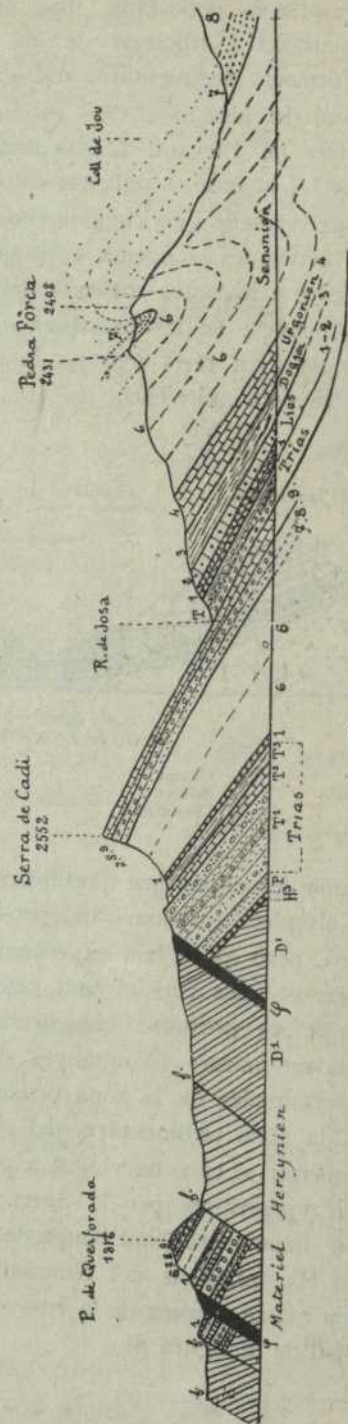


Fig. 8  
Secció de la Serra de Cadri - Pedraforcada

- Q Ofites
  - Hp Hüller
  - P Permianic
  - Trias { 1 Vosgia
  - 2 Muechelkalk
  - 3 Keuper
- 
- 1 Rhetia
  - 2 Lias
  - 3 Dogger
  - 4 Urgoniat
  - 5 Albà
- 
- 6 Senonití marif
  - 7 Dania lacustre
  - 8 Eonummulític lacustre
  - 9 Calisses amb alveolines (Luteclia)

Un ràpid examen de l'estratigrafia de Catalunya ens ensenya que al Sud de la zona axial pirenenca, formada per material hercinià—tal com esdevé al NO. de la zona axial de les muntanyes de Llevant—, hom troba tres zones diferents, en què les condicions faunístiques i de sedimentació es diferencien bastant per a cada època determinada (fig. 10).

1. *Zona de límit de la zona axial hercinià.*

Aquesta zona correspon a les ribes pirenenques del Sud, durant les eres secundària i terciària. Les llacunes estratigràfiques corresponen als

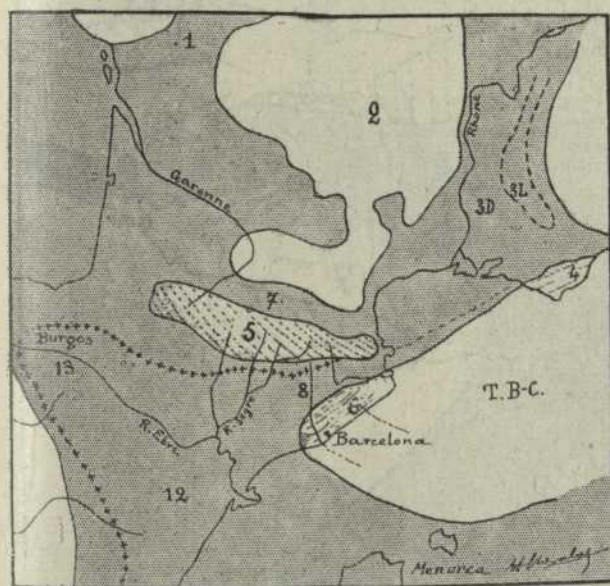


Fig. 9  
El mar durant el Juràssic  
Al Lias, gran extensió marina;  
al Malm, regressió i golf ara-  
gonès.

períodes d'emergència de l'ondulació axial i, per consegüent, en els retrocessos del mar vingut del SO. hom constata una sèrie d'avenços i de ressaques de les aigües marines que corresponen a les oscil·lacions del substratum hercinià, que aixequen o abaixen la massa paleozòica enrasada. En aquesta zona limítrofe de l'eix hercinià pirenenec, els sediments juràssics i cretàtics mostren llacunes importants, per l'estil dels del Terciari. Així, a la Serra de Cadí, a sobre del potent llit triàsic, en concordància sobre el Permí, hom troba els sediments detrítics del Lias més inferior, indicadors de la proximitat d'un ribatge (lumaxelles del Rhetià amb *Avicula Contorta*); però, després, una gran llacuna indueix a pensar que la zona axial i la seva vorada han quedat molt temps emergides. En el penya-se-

gat de Cadí que mira al Nord, hom troba sobre l'Infralias una puixant massa de calisses marines del Senonià<sup>6</sup>, indicadora d'una gran transgressió

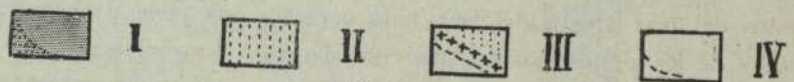
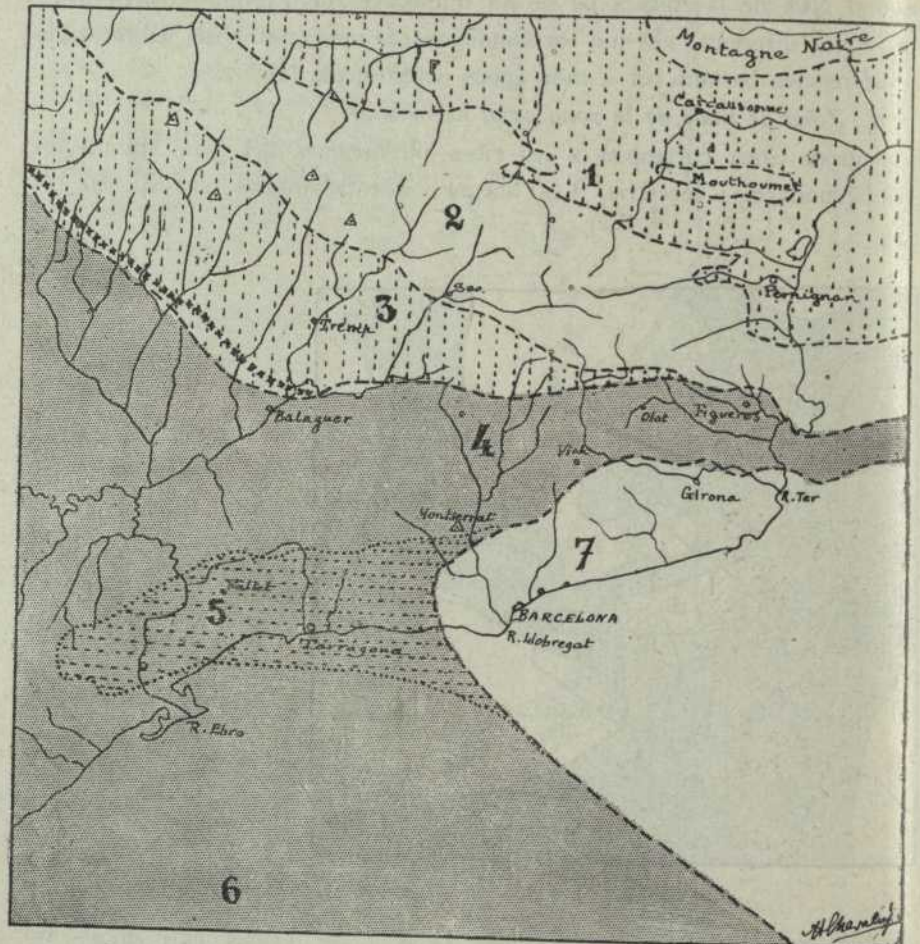


Fig. 10  
Mapa que mostra les diverses zones geològiques de Catalunya

- |   |   |
|---|---|
| 1 Zona sinclinal nordpirenca                    | 7 Zona axial herciniana de les muntanyes de Llevant |
| 2 Zona axial he ciniana dels Pirineus           | 1 Zona marina de fàcies profunda                    |
| 3 Zona limitrofe sudpirenca                     | II Zona marina de fàcies nerítica                   |
| 4 Zona central sinclinal                        | III Ondulació profunda de material hercinia         |
| 5 Zona alpina emergida al Cretàcic Superior     | IV Material hercinia                                |
| 6 Zona alpina de fàcies profunda ininterrompuda |   |

marina. Aquest Senonià marí, sobre del qual no insistim, és recobert, a llur torn, pel Danià, primer salobre després lacustre, sobre del qual re-

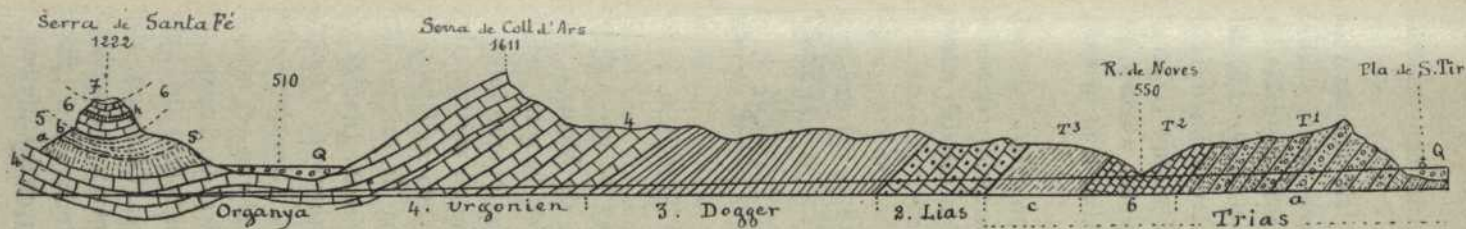


Fig. 11

Secció del Secundari entre Pla de St. Tirs i Organyà

5 } α Margues albianes  
 5 } β Calisses margoses amb orbitolines (Albià)

6 Senonià amb capes d'Hippurites (h)  
 7 Danià salobre a la base, lacustre al cim

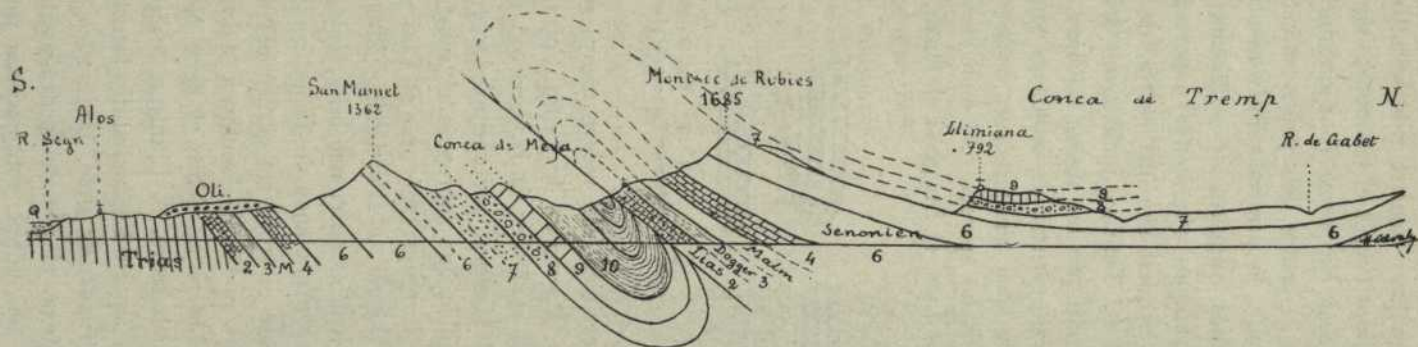


Fig. 12

Secció a través de l'ondulació del Montsec

Q Quaternari  
 Oli Oligocen  
 2 Lias  
 3 Dogger  
 M Malm

4 Calisses urgonianes  
 5 Margues albianes  
 6 Senonià mari

7 Danià lacustre  
 8 Eonummulític lacustre  
 9 Calisses marines amb alveolines del Lutecià  
 10 Margues del Mesonummulític

posa l'Eonummulític, lacustre a la seva base i marí al cim, amb les calisses amb alveolines (vegi's el tall núm. 11).

2. *Zona Sud Pirenenca* (o zona sinclinal central). En aquesta zona, que ocupa tot el centre dels països catalans i forma una cubeta sinclinal bastant profunda, la presència molt més contínua del mar ha donat lloc a una sèrie més completa de sediments secundaris i terciaris. Les llacunes estratigràfiques són menys importants que en la zona limítrofe de la zona axial. Aquest sinclinal central de Catalunya és, durant el Secundari i principi del Terciari, molt sovint ocupat per les aigües marines, i al final del Terciari per les aigües salobres o lacustres. Així, hom hi troba, també, una gran varietat de sediments superposats.

En aquesta zona sud-pirenenca, sobre un substratum triàsic (el substratum hercinià no apareix sinó molt rarament i per excepció) reposen en concordància el Lias, el Dogger i el Malm, els quals, de la mateixa manera

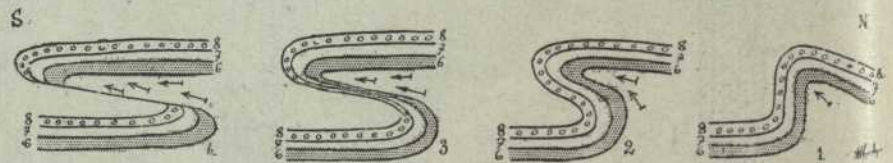


Fig. 13

Esquema del desenrotllament del plec anticlinal del Montsec

que la sèrie cretàica, són més o menys representats, per bé que amb algunes llacunes. La massa de Pedra Forca, així com la de Montsec, proporcionen bons exemples de la successió dels terrenys de la zona sud-pirenenca. En el Montsec, per exemple, sobre el Trias superior que forma el substratum visible que sobrepuja el substratum hercinià no sortit a flor, hom troba els terrenys següents: el Lias mitjà amb *Ostrea sublobata*, les dolomies del Dogger, el Portlandià (Malm) sota forma de calisses litogràfiques que han proporcionat bells fòssils al Sr. L. VIDAL. Després vénen les calisses urgonianes de fàcies zoògena amb *Matheronià*, *Toucasia*, etcètera. A sobre es troba tot el Senonià amb *Hippurites* (*Emscheria-Aturia*) i, finalment, el Danià—salobre a la base i lacustre al cim—el qual, al seu torn, és sobrepujat, sobre el flanc Nord a la Conca de Tremp, per l'Eonummulític lacustre. A Llimiana, les calisses amb alveolines del Lutecià sobrepujen aquest Eonummulític lacustre, igual a tota Catalunya, amb el *Bulimus gerundensis* típic, les argiles i els conglomerats rutilants. A la conca de Meyà, al peu del penya-segat Sud del Montsec, les calisses amb alveolina són, àdhuc, sobrepujades per margues blaves del Mesonum-



mulitic (vegi's el tall núm. 12). El Montsec ens dona, doncs, un bon exemple de plec anticlinal decantat vers el Sud, després estirat i ajegut sobre el seu flanc meridional. El flanc invers, estirat i laminat, s'ha transformat en un plec-falla, que el flanc Nord ha vingut a recobrir i cavalcar sobre la superfície d'estirament. El plec anticlinal del Montsec és vingut a encapçalar el plec sinclinal de Sant Mamet. (Fig. 13).

A la Conca de Meyà, en efecte, totes les capes de la sèrie del Montsec s'observen en sentit invers des d'Alòs fins a sota de Santa Maria de Meyà, on el plec-falla és ben visible pel contacte anormal que estableix entre les calisses del Lias que cavalquen les margues nummulítiques del Lutecià mitjà (vegi's el tall).

4. *Zona del Sud de Catalunya.* En aquesta zona, el sinclinal català, molt més profund, estigué sempre envaït per les mars secundàries i terciàries. Aquest sinclinal està en comunicació directa amb el geosinclinal mediterrani i, per consegüent, la successió dels dipòsits marins és gairebé ininterrompuda. Les fàcies mostren condicions d'aigua profunda amb una fauna secundària de cefalopodes del Sud (fig. 14). A les serres que voregen les ribes de l'Ebre hom pot observar una part dels sediments marins del Sud català. Remarquem, no obstant, que algunes d'aquestes serres degueren emergir, tal vegada, sota forma d'illes o de penínsules, durant el Cretàc superior (vegi's l'esquema), puix aquest manca al voltant de Tortosa. En aquestes serres del Sud apareix també, sovint, un substratum triàsic, que suporta els sediments juràssics i cretàcics; però, de vegades, el substratum hercinià, més profund,

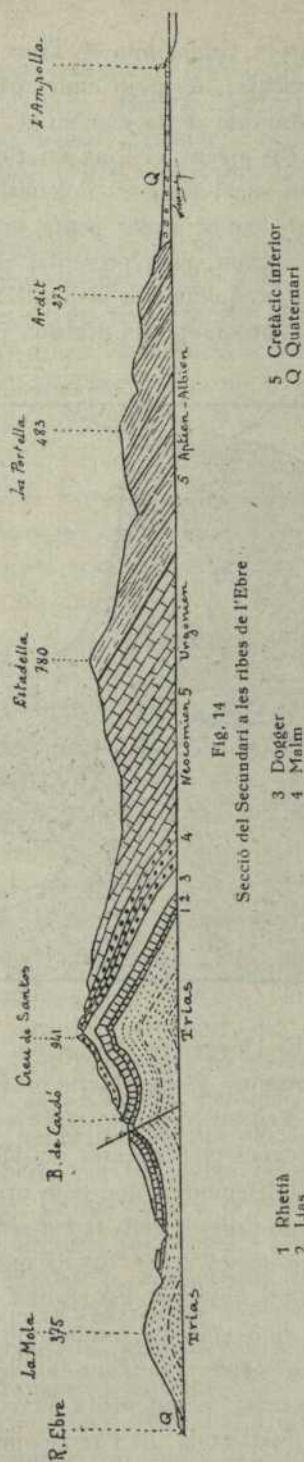


Fig. 14  
Secció del Secundari a les ribes de l'Ebre

Segons els treballs de M. J. Batailler, M. Four i Sans i Fallois, modificats lleugerament.

apareix també sota el Trias. Aquest substratum triàsic presenta un interès particular. És marí amb una fauna de fàcies alpina i hom constata així la continuïtat de la mar en el Trias, en el Juràssic i en el Cretàcic.

En efecte, el Lias inferior que cobreix el Trias superior marí és igualment marí (calisses dolomítiques, tenyides de venes roges). El Lias mitjà marí també conté petits bivalves i gastròpods. El Lias superior, sempre concordant, és representat per calisses margoses zoògenes amb innombrables braquiòpodes, bivalves, belemnites, etc. És la fàcies coneguda del Lias amb braquiòpodes acabada per margues amb terebràtules.

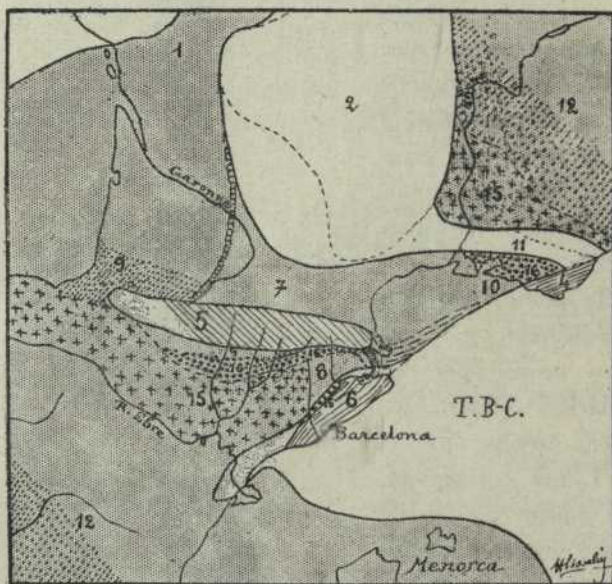


Fig. 15  
Catalunya durant l'Aturia  
(Cretàcic Superior)  
Gran extensió marina durant  
el Senonià; emersió durant el  
Danià.

El Dogger és representat a la base per margues d'ammomites pirotoses i belemnites. És una fàcies profunda que indica netament el Bajocià amb les seves *Sphaeroceras* i *perisphinctes*. Sempre en concordància, apareixen a sobre capes poc espesses de dolomies, margues i calisses amb *Perisphinctes* i amb *Belemnites*, que hom atribueix al Bathonià-Oxfordià. Segueixen banes margo-calissos amb fauna sequaniana. Coronant el conjunt, hi ha una massa de dolomies sense fòssils que, a la part superior, passen insensiblement al Cretàcic inferior. En realitat, margues i calisses batonians i sequanians no són sinó episodis locals amb faunes clàssiques, episodis lenticulars ofegats en un espès i puixant llit de dolomies que es desenrotlla del Bathonià al Neocomià i que prova la continuïtat del mar tithònic a la part sud del sinclinal català. El Cretàcic marí continua, a la seva base, els dipòsits del ti-

thònic; és representat per calisses compactes que contenen *Natica* en gran nombre, per calisses margoses amb *Trigonicis*, *Ostrea*, *Astarte*, *Heteraster*; després per calisses i margues amb *Orbitolines*, *Salenia*, *Epiaster*, *Trigonia*, i finalment per argiles amb *Plicatula*, *Terebratula*, *Ostrea*, *Toucasia*, *Rhynchonelles*, *Ammonites*, etc.

Aquest conjunt de formacions espesses indica dipòsits de mar relativament profund que han continuat sense interrupció des del final del Juràssic fins al Mesocretàcic i els quals marquen la fàcies alpina de Catalunya. Més al Nord, les calisses margoses i margues argiloses passen lateralment a les calisses urgonianes i a les calisses litorals dels ribatges hercinians de la zona sudpirinenca i del Nord de les muntanyes de Llevant (Montgrí). Sobre els ribatges del Sud de les muntanyes de Llevant, és a dir, en el massís de Garraf, per exemple, el Juràssic, que reposa sobre el Trias, és representat per dolomies sense fòssils recobertes per calisses lacustres amb *Paludina* i *Physa*. A sobre, es troben calisses zoògenes amb *Matheronia* (Urgonianes). No podem estendre'ns ací sobre aquesta qüestió. Afegim, solament, que sembla que aquests ribatges del Sud de les muntanyes de Llevant experimentaren oscil·lacions epirogèniques durant el Juràssic i el Cretàcic. Els sediments lacustres i salabrosos de Garraf indiquen dipòsits litorals formats en l'estuari d'un gran riu secundari que descendia, pel Vallès, del continent Catalano-Balear, del qual les muntanyes de Llevant formaven la vora NO. Però amb l'Eocretàcic, el mar, en envair aquest estuari, donà lloc al dipòsit de calisses zoògenes i també de lumachelles, dipòsit que es continuà probablement, fins a l'Albià. Aquests sediments presenten alternances de bancs calissos amb *Ruddistes* i margues amb *Orbitolines*. Així, les aigües marines recobriren tota la regió amb una fàcies litoral sobre el caire de la costa, una fàcies nerítica i pelàgica al llarg dels ribatges. Durant el Cretàcic superior, algunes illes emergides sorgiren per sobre del mar, mentre que al Nord les muntanyes de Llevant i els Pireneus s'aixecaven en massa per tal de tancar el passatge submergit de l'Empordà hercinià.

Així, doncs, durant tota l'era secundària i, també, al principi de la terciària, aquesta zona del Sud català estigué coberta per les aigües del mar. En canvi, vers la fi de l'era terciària, i tal com s'esdevingué a la regió situada més al Nord, aquella zona es poblà de llacunes salabroses i d'aigua dolça. Dipòsits gresosos i conglomeràtics assenyalen la desembocadura de grans rius que descendien de les muntanyes veïnes (Serres de Montserrat, de Montsant, de la Llena, etc.). Més al Nord, dipòsits guixosos i salins indiquen les especials condicions d'evaporació d'aquestes llacunes (conca potàssica). Tots els sediments del Trias, Juràssic, Cretàcic, Terciari, seran aixecats posteriorment, en el transcurs de moviments orogènics pireneus i

alpíns, durant els quals la coberta sedimentària, després del sòcol hercínià, experimentarà, sota l'acció de les empentes tangencials del N. i del SE., tota una sèrie de plegaments més o menys intensos, els elements dels

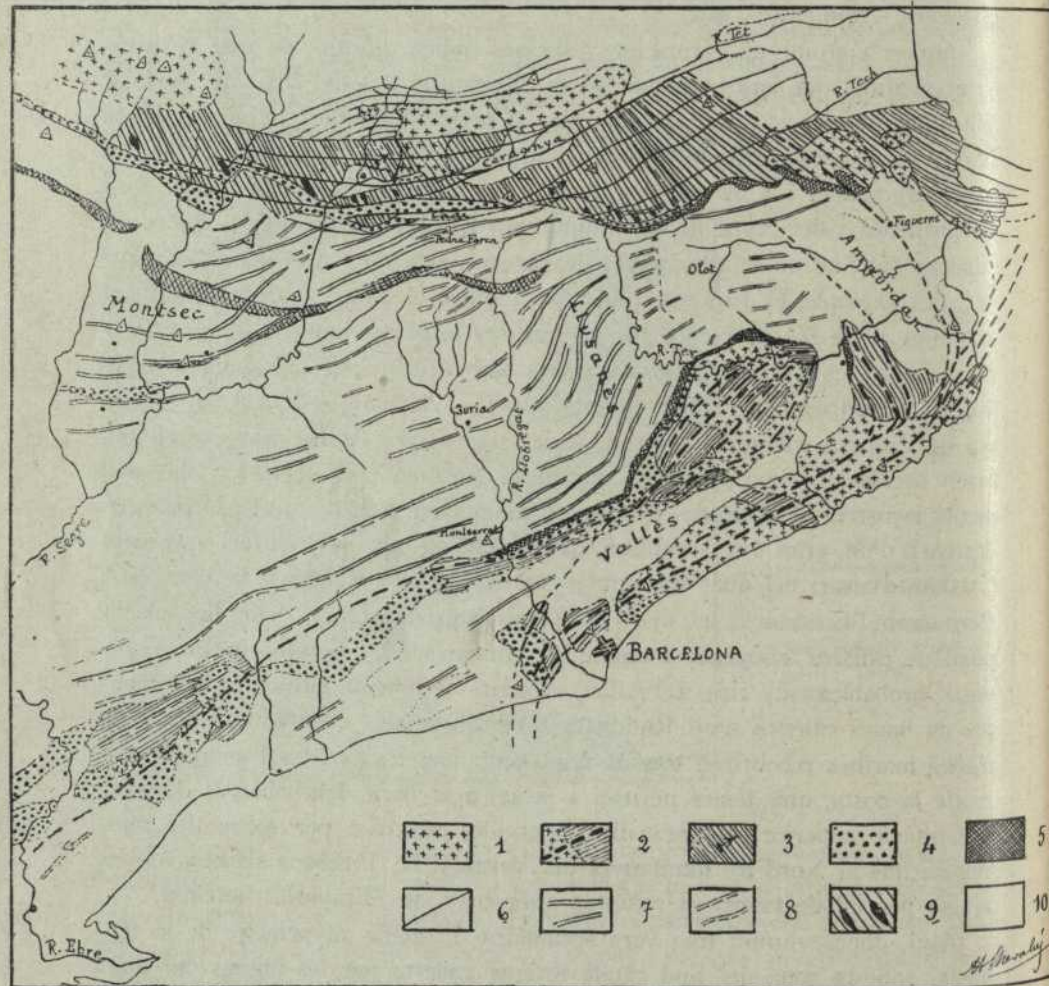


Fig. 16. - Mapa esquemàtic dels moviments orgànics a Catalunya

1, Granit; 2, Material hercínià varisc orientat NE-SO; 3, Material hercínià armoricà orientat NO-SE; 4, Sediments del Permítri i del Trias; 5, Danià lacustre i Eonummulític lacustre; 6, Plecs-falla terciaris; 7, Plegaments terciaris de les serres de la zona sudpirenenca; 8, Plegaments terciaris de les serres de la zona sudcentral; 9, Conques hulleres en el material hercínià armoricà.

quals es retroben, actualment, tant a les serres del Montsec com a les més pròximes de la zona axial, tals com Sant Gervasi, Bou mort, Pedraforca, etcètera (fig. 16).

\* \* \*

Durant l'era secundària, les variacions de la invasió marina sobre les vores del plec axial pireneic, sobre les vores O. de les Muntanyes de Llevant i, per consegüent, també, en el sinclinal central català, són degudes a moviments d'ordre epirogènic; és a dir, a lents moviments ondulatoris de conjunt del substratum hercinià flexible, el qual, al fons del sinclinal català s'enfonsava paulatinament i sense parar sota el pes de la massa acumulada de sediments juràssecs i després cretàccics. I el mateix s'esdevindrà durant el terciari, en què aquests moviments podran exagerar-se fins a revestir una fase de paroxisme orogènic. Al mateix temps que s'acomplia l'enfonsament del substratum hercinià, en el centre sinclinal per contracop produïa pressions tangencials sobre les vores que provocaven l'acostament de les dues masses Pireneus-Muntanyes de Llevant, ço que originava, també, plegaments a les capes sedimentàries superiors. Al mateix temps, doncs, que aquestes oscil·lacions de la crosta terrestre determinaven les alternances d'avenç i retrocés de les mars secundàries sobre els ribatges herciniàns del Nord—avenços i retrocessos marcats en la sèrie sedimentària per dipòsits o llacunes estratigràfiques—, en el fons del subsol s'esboçaven ja els plegaments pireneics que, al començament del Terciari, feren emergir la serralada muntanyenca (fig. 17).

*Nosaltres, en efecte, hem de considerar la Catalunya, a partir del Secundari, com una conca sinclinal de sedimentació, situada entre dues moles herciniànes al N. i al SE., la qual s'enfonsà sota el pes dels sediments triàsics, juràssecs i cretàccics, la qual cosa permeté a les mars de l'Eocè i de l'Oligocè de retornar novament al país.*

*La part profunda d'aquest sinclinal és el substratum hercinià, que s'aixecà sobre les vores i emergí. Els sediments secundaris i terciaris formen la seva coberta. Les deformacions experimentades pel substratum hercinià de la conca en el transcurs del seu període d'ompliment, foren els esboços dels plegaments esdevinguts quan es produïren els moviments orogènics i són els esbossos de plegaments secundaris que formaren les línies estructurals directrius de les muntanyes terciàries. Entre aquests esboços hom no pot deixar d'esmentar un gran anticlinal secundari que s'estengué des de la serra de Montroig (Camarasa) fins a les serres d'Osca (Gratal) i el qual dividí en dues conques el sinclinal primitiu estès des de la zona axial pirenenca a la zona axial de les Muntanyes de Llevant. Aquest plec anticlinal que no és sinó una ondulació del substratum hercinià, apareix només per la seva coberta triàsica, a la base de les Serres que formen la zona límit de l'eix pireneic cristallí (Montsec, Garodilla, etc.). Però la seva influència estructu-*

ral, primordial sobre l'orientació de totes les serres sud-pirenenques del NO. català, apareix ben manifesta. La seva influència sobre la sedimenta-

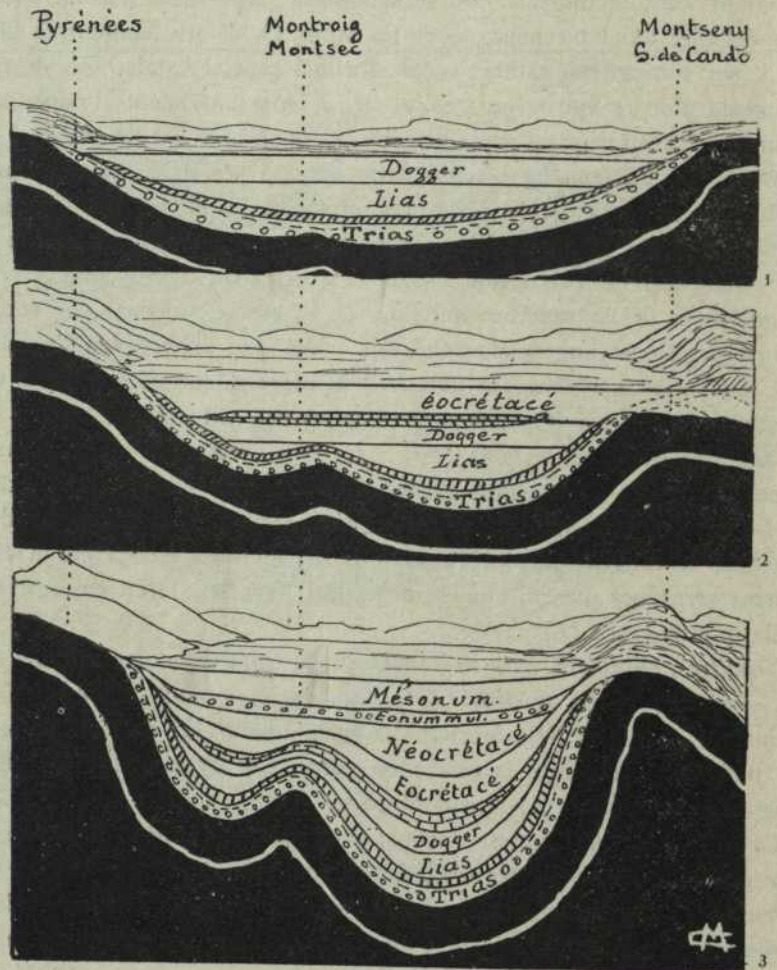


Fig. 17

Seccions esquemàtiques a través del sinclinal central de Catalunya, que mostren la seva evolució des del començament del Secundari al començament del Terciari.

1, durant el Juràssic mitjà; 2, durant el Cretaci inferior; 3, durant el Mesozoumúltic. El material hercintà és assenyalat en negre.

ció no és pas menys marcada. Sobre el flanc Nord, és a dir, a la part sots-axial del Pireneus, tots els sediments marins secundaris i terciaris tenen una fàcies nerítica. I al contrari, aquells que es troben al Sud, vers el centre català i les ribes de l'Ebre, tenen una fàcies de mar profunda. En efec-

te, a les regions del Sud, el sinclinal català sembla haver estat, durant tot el Secundari, en relació amb la fossa mediterrània profunda de la Tethys i haver-se resentit molt poc dels efectes de les ondulacions orogèniques del Nord. Ho palesen clarament els tipus alpins de la fauna que hom hi troba. Els tipus especials del Nord català només són, repetim-ho, tipus vinguts del Sud, però modificats i adaptats a les noves condicions. No són tipus germànics vinguts del Nord. Hom es troba en presència d'un exemple ben net de convergència i d'adaptació sota la influència del medi. En el sud de l'Ebre, durant el Juràssic, el Cretàcic i àdhuc l'Eocèn inferior, ja hem dit que fou la mar alpina la que se n'ensenyori i hi deposità els sediments, les fàcies dels quals testimonien la profunditat de les aigües marines a l'època de Malm, per exemple, que correspon a una oscil·lació positiva general del substratum hercinià que féu emergir la zona axial pirenenca i la de les muntanyes del Llevant, els sediments dipositats a les serres de Morella, Cardó, etc., palesen una mar profunda. A mesura que hom s'apropa al Montsec, la fàcies esdevé nerítica, més al Nord esdevé litoral i desapareix ben aviat, indicant que la mar del Malm gairebé no sobrepassava el Nord del Montsec i que les seves costes restaven localitzades lluny en direcció al sud de la zona axial pirenenca. Les oscil·lacions positives dels Pireneus en el Nord, es feren també sentir a la regió del Montsec, la qual formava un alt fons que servia de basament a illes coralines on creixien una flora i una fauna luxuriant, de les quals L. M. VIDAL recollí una abundant col·lecció. Entre els animals més interessants, nosaltres ens contenterem d'esmentar un gran reptil marí, el *Ichthyosaurus* i també el *Palaeobatrachus Gaudryi*, que és el més antic batracià anoure que es coneix; esmentem, encara, la *Paleontina Vidali* i *Ephialtites Jurassicus*, insectes de la fauna dels atolls; i entre els innumerable peixos, el *Propterus Vidali*, el *Microdon Egertoni* i el *Actalium Vidali*.

\* \* \*

El màxim d'invasió marina que es produí durant el Secundari en el sinclinal de Catalunya, sembla correspondre al Cretàcic Superior (Senonià) i hom remarca, fet curiós, que aquesta gran transgressió, que al Nord vingué a envair la més gran part de la vora de la zona axial pirenenca, correspon, al contrari, a l'aixecament probable de les serres de les ribes de l'Ebre, les quals, emergiren, sens dubte, en forma d'illes o de península relligada a les ribes sud del continent Balear-Català (vegi's croquis). Per altra banda, la mar senoniana, que diposità una massa espessa de calisses amb *Hippurites* a la serra de Cadí, s'estenia a l'Est, ben enllà de l'Empordà, que recobria (fragment amb *Hippurites* de Sant Miquel de Fluvià). Però

aquesta invasió marina durà poc, puix des del Danià, l'emersió dels Pirineus i de les muntanyes del Llevant es renovà: tot al llarg d'aquestes antigues muntanyes hercinianes es formen dipòsits salabrosos, d'antuvi, amb lignits, i després lacustres, i condicions anàlogues continuen durant l'Eonummulític. L'aresta herciniana de *rebroussement* de l'Empordà, submergit sota les aigües senonians, sorgí de nou i tancà l'estret que posava en comunicació les aigües marines de Catalunya amb les de Provença. Aquests aixecaments epirogènics havien de prendre, ben aviat, una gran amplària. Es prepara el paroxisme orogènic, dit pirenenc, que farà emergir novament tots els Pirineus, plegats aquesta vegada, seguint una nova direcció E-O., i que formarà un

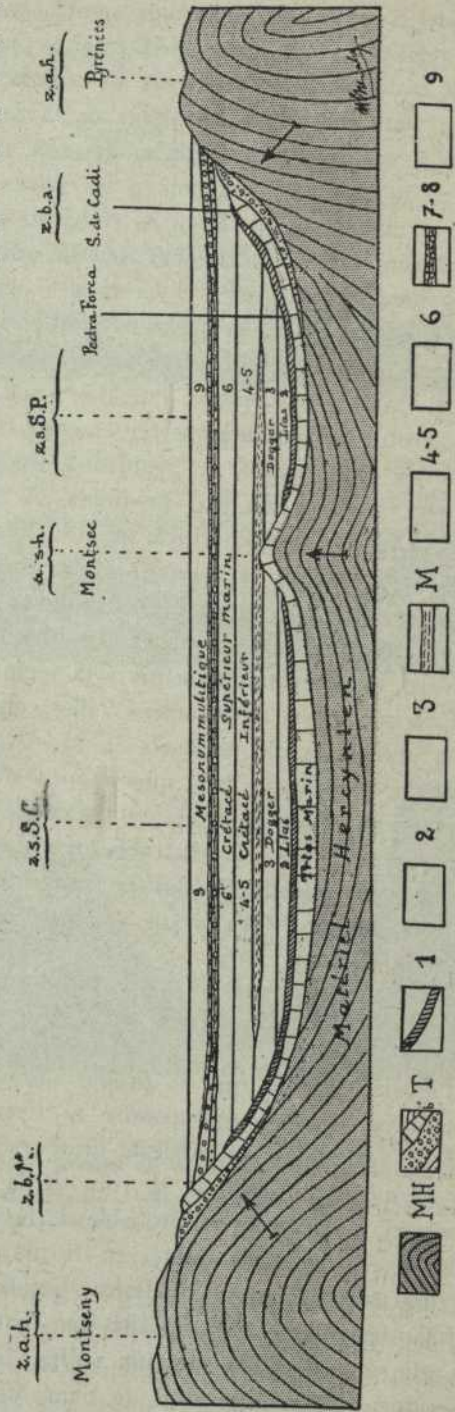


Fig. 18. Secció esquemàtica que indica el repartiment dels sediments secundaris a Catalunya

- z. a. h. Zona axial herciniana del Montseny
- z. b. p. Zona limitrofe del Montseny
- z. s. S. C. Zona sinclinal sudcentral
- z. s. h. Eix subhercinian del Montsec
- z. s. S. P. Zona sinclinal sudpirenenc
- z. b. a. Zona limitrofe de l'eix pirenenc
- z. a. h. Zona axial herciniana dels Pirineus
- 1 Keuper salobre i Rhetia amb *Arvicola confora*
- 2 Lias
- 3 Dogger
- M Malm
- 4-5 Crétacé inferior
- 6 Crétacé superior marí
- 7-8 Danià lacustre i Eonummulític lacustre
- MH Material hercinian
- T } α Permotrias i Trias continental (Vosgia)
- β Trias marí



angle agut amb l'orientació primitiva de les ondulacions hercinianes armòriques NO-SE.

Les muntanyes de Llevant experimentaran, també, el contracop d'aquest gran paroxisme orogènic; però en aquestes regions, l'orientació del nou plegament continuarà concordant, en part, amb la de l'antic plegament hercinià en la seva direcció varisca NE-SO (fig. 18).

MARCEL CHEVALIER

(Continuarà.)

Esquemes, Mapes geològics talls i dibuixos originals de l'autor.

Notes 1 a 6: Vegin-se els altres treballs de l'autor publicats a CIENCIA: "La tectònica de Catalunya", vol. III, pàgs. 229 i 453.

\* \* \*

A l'objecte de precisar el veritable sentit dels mots emprats en aquest article, aclarim que els mots catalans següents, corresponen, respectivament, als francesos emprats per l'autor, que traduïm:

Català: Substratum	Francès: Tréfons
Zona limitrofe	Zone de bordure
Corriment	charriage

\* \* \*

Un cop entrades en màquina aquestes formes, notem que els epígrafs d'algunes figures han sortit incomplets. Els rectificuem a continuació:

Fig. 4.—Mapa de Catalunya durant el Permo-trias. Aquest mapa mostra l'orientació dels plegaments hercinians encara visibles, les llacunes sobreaturades i la mar del Sud.

1, Estret del Poitou.—2, Massís central francès.—4, Massís hercinià de Maures.—6, Massís hercinià català de Llevant.—12, Mar profunda del Sud.—14, Llacuna de la Catalunya central.

Fig. 5.—La mar del Muchelkalk.

A la conca del Rhône, fauna de fàcies germànica. A Catalunya, fauna de fàcies alpina. Les sagetes indiquen el sentit de les migracions de les faunes.

1, 2, Continent Nord-Atlàntic emergit.—5, Pireneus hercinians.—7, Golf subpirenenc del Nord.—8, Golf subpirenenc del Sud (Catalunya).—6, Muntanyes de Llevant.—10, Golf de Provença amb fauna germànica.—12, Mar del Sud amb fauna alpina.—T. B. C., Terra catalano-balear.

Fig. 9.—La mar durant el Juràssic.

Al Lias, gran extensió marina; al Malm regressió i golf aragonès.

1, Estret del Poitou.—4, Massís hercinià de Maures.—2, Massís central francès.—6, Massís hercinià de Llevant.—7, Sinclinal subpirenenc del Nord.—8, Sinclinal català.—12, Mar alpina profunda.—13, Golf aragonès del Malm.—3 L, Fossa voscontiana al Lias.—3 D, Fossa voscontiana al Dogger.—T. B. C., Terra catalano-balear.

Fig. 15.—Catalunya durant l'Aturià (Cretàcic Superior). Gran extensió marina durant el Senonià; emersió durant el Danià.—1, 2, 3, 4, 5, 6. Vegin-se els altres mapes.—7, Canal nord-pirenenc marí durant l'Aturià.—8, Canal sud-pirenenc català, marí a l'Aturià; tancat a l'Est i lacustre durant el Danià.—9, Golf aturià de fàcies profunda, marí sense discontinuïtat de l'Aturià a l'Eonummulitic.—10, Golf de Provença, lacustre al Danià; marí a l'Aturià.—11, Istme durancià, emergit a l'Aturià.—12, Mar alpina de fàcies profunda.—75, Règim marí a l'Aturià, amb fàcies nerítica i zoògena.—16, Danià i Eonummulitic lacustre.