

Història geològica de Catalunya

Xavier Berástegui Batalla

Introducció

El món inorgànic, la geosfera, és el suport físic del món de la vida al planeta, la biosfera. A les àrees emergides, una part de la geosfera, els continents, donen recer i proporcionen el substrat i tots els minerals i l'aigua necessaris per al desenvolupament de la vida que hi transcorre al damunt. A l'home, que com a ésser racional té la capacitat de conèixer la seva posició a la natura, la terra li brinda, endemés, el plaer immediat de la percepció dels seus trets més bells i la possibilitat d'aprendre sobre el passat mateix del planeta i sobre els orígens de la vida. Així, la terra esdevé una part fonamental del patrimoni cultural de la humanitat. És el patrimoni geològic, el que els anglosaxons anomenen *geological heritage*, l'origen primari del qual es remunta ara a fa al voltant de 3.900 milions d'anys. Tal com s'exposa a la nostra vista, la Terra és el resultat de l'extraordinària diversitat de processos geodinàmics interns i externs que ha sofert el planeta des dels seus orígens, incloent les accions del món rocós sobre la vida —d'ençà que aparegueren les seves primeres estructures ara fa 3.500 milions d'anys— i les accions de la vida sobre el món inorgànic.

Un puzzle gegantí

Observant un mapamundi amb un cert deteniment, hom diria que les formes de les costes d'algunes de les terres emergides són com el “negatiu” de les formes de les costes de la terra situada enfront; sembla com si poguessin encaixar, com si fossin les peces d'un *puzzle*. Els geòlegs anomenen aquestes peces, plaques tectòniques.

Efectivament, algunes de les plaques tectòniques poden encaixar les unes al costat de les altres. Se sap que es desplacen les unes respecte de les altres unes vegades separant-se, unes altres aproximant-se i arribant, a cops, a col·lidir, o lliscant i fregant entre elles en altres ocasions. El resultat final de tot plegat és que la distribució de les mars i de les terres emergides canvia amb el temps, però el volum de la Terra roman constant. L'espai que queda entre les plaques que se separen és ocupat per materials procedents de l'interior de la Terra, al damunt dels quals es dipositen sediments. El dèficit d'espai entre plaques que col·lideixen o que freguen entre si produeix unes deformacions en els seus marges, com unes arrugues gegantines. Són les grans cadenes de muntanyes. El seu procés de



LEGENDA

Paleozoic

-  Roques sedimentàries i metamòrfiques
-  Roques ignies
-  Gneis

Mesozoic

-  Fàcies Garumniana
-  Cretaci Superior
-  Cretaci Inferior
-  Juràssic
-  Triàsic

Paleògen

-  Oligocè
-  Eocè
-  Paleocè-Eocè

Quaternari



Neògen



Mapa geològic simplificat de Catalunya
 Font: SGC/ICC)



formació dura algunes desenes de milions d'anys i hi intervenen enormes quantitats d'energia, la qual es transforma lentament. Una part de l'energia es transforma en energia cinètica, produint vibracions; una altra part es transforma en calor, generant la fusió de parts de la massa rocosa; una altra part es transforma en energia potencial, situant materials que s'havien dipositat als fons oceànics o roques generades a l'interior de la Terra a altituds de milers de metres per damunt del nivell de la mar.

La Placa Ibèrica

La Península Ibèrica és la part emergida d'una placa tectònica, la Placa Ibèrica. De dimensions molt modestes si hom la compara amb, per exemple, la Placa Sud-americana, es troba situada al nord de la Placa Africana i actualment és soldada a la Placa Europea. La seva configuració geològica actual és el resultat de les interaccions d'aquestes dues plaques majors. Els Pirineus, que uneixen la península amb el continent, són el resultat de la col·lisió entre les plaques continentals d'Ibèria i d'Europa. Aquest context geodinàmic particular ha determinat en el passat —i continua determinant en el present— l'extraordinària diversitat que caracteritza la Península Ibèrica, la seva situació geogràfica actual i la que tindrà en el futur geològic.

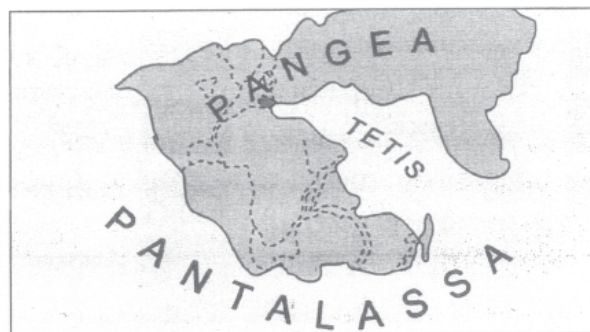
Catalunya és situada geològicament a l'extrem nord-oriental de la Placa Ibèrica. Els Pirineus, al nord, representen, com hem dit, la sutura d'unió de la Placa Ibèrica amb la Placa Europea i conserven els enregistraments sedimentari i tectònic de la història dels marges de les dues plaques. Per llevant, el Sistema Mediterrani Català ha enregistrat geològicament l'obertura del golf de València i del golf del Lleó. La Conca Central

Catalana, o àrea oriental de la Conca de l'Ebre, depressió que s'obre entre els Pirineus i el Sistema Mediterrani Català, emmagatzemà els sediments en els quals es conserva el reflex dels esdeveniments principals que tingueren lloc durant la formació de les dues cadenes de muntanyes que la delimiten.

Catalunya en el context de la Placa Ibèrica. Evolució geodinàmica

Fa 305 milions d'anys. Un supercontinent mundial i un oceà global

En finalitzar l'orogènia hercínica, ara fa 305 milions d'anys, les masses continentals del planeta havien quedat unides, per l'efecte d'aquella orogènia, formant un únic supercontinent mundial que anomenem Pangea, que en grec significa "tota la Terra". A les zones internes de les grans cadenes de muntanyes que s'havien format, es varen emplaçar grans masses de roques plutòniques. Pangea era envoltada per un oceà global, que bategem amb el nom de Pantalassa (en grec significa "totes les mars"). La zona oriental de Pantalassa era un oceà que els geòlegs han anomenat Tetis. A grans trets, els límits de la futura Placa Ibèrica eren, en aquell



Fa 305 milions d'anys. Un supercontinent mundial i un oceà global. Font: Modificat de A. Nicolas (1995).

moment, l'oceà de Tetis a l'est; els grans bancs de Terranova a l'oest; pel nord, la futura Placa Europea, i, pel sud, la futura Placa Africana. Al terme del Carbonífer - principis del Pèrmic, ara fa 300 milions d'anys, els relleus creats per l'orogènia hercínica es trobaven sotmesos a una intensa erosió. Sistemes de fractures generades en un context tectònic extensional individualitzaven blocs aixecats i valls o conques intramuntanyenques, les quals rebien sediments al·luvials i es trobaven ocupades en gran part per àrees pantanoses i lacustres. A la futura zona pirinenca, al llarg d'aquelles fractures es produïen efusions de materials volcànics àcids, sovint en forma d'huracans piroclàstics i núvols ardents. Cap a la fi del Pèrmic, ara fa uns 260 milions d'anys, vastes àrees del continent havien quedat reduïdes a peneplanes. Algunes zones de fractura havien continuat evolucionant i Pangea es va començar a fragmentar.

La desaparició de Pangea. Del Triàsic a la fi del Juràssic

Durant el Triàsic, les àrees topogràficament més baixes de la Placa Ibèrica eren ocupades per extenses planes al·luvials que periòdicament sofrien la invasió de la mar i es convertien llavors en plataformes marines de poca fondària on es dipositaven fangs carbonàtics i emergien alguns esculls. Cap a finals del Triàsic, al voltant de 50 milions d'anys després de l'inici de la fragmentació de Pangea, aquelles fractures inicials havien evolucionat a uns sistemes de grans falles que delimitaven depressions semblants a l'actual vall africana del Rift. Una de les valls riftianes es localitzava a la futura àrea pirinenca, i l'altra, la més important i que va ser immediatament envaïda per la mar, a l'àrea ocupada

actualment pel Sistema Bètic, la mar d'Alborán i l'estret de Gibraltar. Altres depressions similars s'obriren a l'interior de la Placa Ibèrica. Aquests sistemes de fractures afavoriren l'ascensió de masses de roques volcàniques que els geòlegs coneixen amb el nom d'*ofites*, per l'aspecte que presenten, que recorda el de la pell d'algunes serps. En aquell moment, a la futura Península Ibèrica es destacaven dos massissos: el Massís Ibèric (la futura Meseta) i el Massís de l'Ebre, avui desaparegut, el qual ocupava les actuals zones orientals de la conca de l'Ebre i del golf del Lleó. Geogràficament, ambdós massissos eren unes illes envoltades de vastes àrees entollades a les quals es dipositaven sals, guixos, argiles i carbonats sota un clima molt àrid. Entre la Meseta i el límit dels pantans triàsics s'obria una extensa plana desèrtica.

Amb el decurs del temps geològic, les fractures que limitaven algunes de les valls riftianes van evolucionar fins a individualitzar per complet noves plaques tectòniques, entre les quals es generà escorça oceànica nova. Havia començat

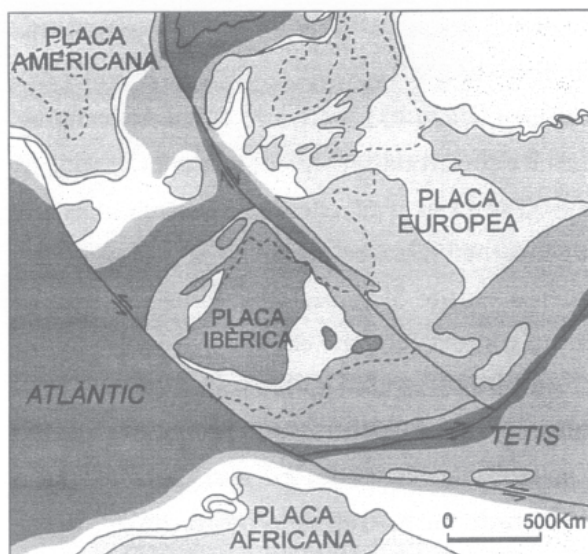


Fa 145 milions d'anys. Finals del Juràssic. Font: Simplificat de Ziegler (1989).

l'obertura de l'Atlàntic. Al llarg del Juràssic, durant un període de 55 milions d'anys, una part important de la Placa Ibèrica es mantingué submergida sota una mar poc profunda. En un context de relativa calma tectònica i sota un clima més càlid que l'actual, en aquelles extenses plataformes continentals es dipositaven fangs i sorres carbonàtiques, les quals, en major o menor grau, eren retreballades per les mareas. Aquelles condicions ambientals afavoriren també que les aigües fossin colonitzades per grups molt nombrosos de cefalòpodes, principalment d'ammonítids i belemnítids, i també per braquiòpodes i lamel·libranquis. Cap a finals del Juràssic, ara fa uns 150 milions d'anys, les costes meridionals del Massís Ibèric s'havien separat al voltant de 500 quilòmetres de les costes septentrionals d'Àfrica. Al llarg d'aquell espai, les aigües de l'oceà de Tetis havien connectat amb les del jove Atlàntic, que en aquell temps ja havia assolit una amplada de 1.000 quilòmetres, entre les costes meridionals de Terranova i les costes occidentals del Sàhara. La vall riftiana que s'havia començat a obrir a l'actual zona pirinenca feia 60 milions d'anys, ara era un solc marí molt profund que era connectat amb l'extensa plataforma continental que ocupava la meitat oriental de l'actual Península Ibèrica. Del Massís de l'Ebre només restaven llavors dues illes emergents, ambdues de dimensions un xic més grans que l'actual illa de Mallorca.

La deriva de la Placa Ibèrica. El Cretaci

Al cap de 40 milions d'anys, cap a finals del Cretaci Inferior, la Placa Ibèrica es trobava completament individualitzada de les plaques circumdants i es desplaçava respecte d'elles



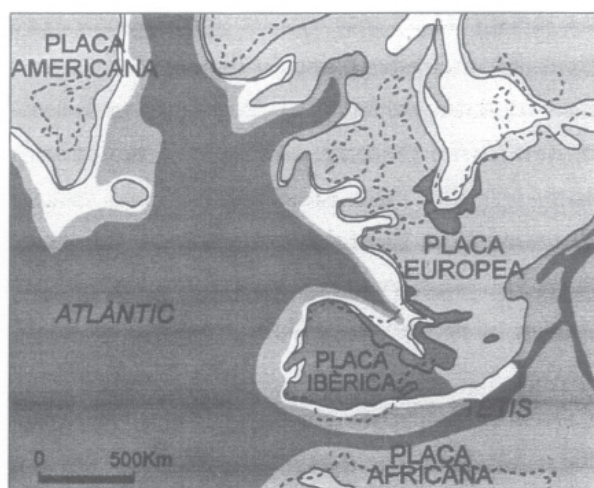
Fa 100 milions d'anys. Cap a finals del Cretaci Inferior. Font: Simplificat de Ziegler (1989).

mitjançant un parell de grans zones de falla de salt en direcció, les quals li conferien un moviment de rotació. Una de les zones de falla se situava al solc pirinenc. Havia provocat l'obertura del golf de Biscaia i la d'un reguitzell de conques estretes relativament profundes, connectades entre si, les quals s'allargaven cap a les àrees orientals de l'actual zona pirinenca. L'altra zona de falla, al marge meridional de la Placa Ibèrica, era l'actual falla transformant de les Açores - Gibraltar. Per l'est, una altra gran zona de falla de salt en direcció, connectava la falla de les Açores - Gibraltar amb la zona alpina, mentre que, per l'oest, l'expansió de la Dorsal Centratlàntica havia situat Ibèria uns 800 quilòmetres a l'est de Terranova. A la zona alpina i a la zona que actualment és ocupada per la Mar Algerobaleària, havien començat uns processos de deformació als marges de les plaques que, al cap de 90 milions d'anys, culminarien amb l'edificació dels Alps. La superfície emergida de la Placa Ibèrica havia augmentat considerablement des del Juràssic Superior i les

seves terres es trobaven ara sotmeses a una intensa erosió. A les costes que s'obrien a l'oceà de Tetis i al golf de Biscaia, es desenvolupaven grans aparells deltaics amb extenses zones de maresmes, les quals allotjaven una gran biodiversitat faunística i florística. De les dues illes del Massís de l'Ebre, l'occidental havia quedat envoltada pels sediments al·luvials i deltaics aportats pels rius procedents de la Meseta, i l'oriental ara era una península que s'endinsava a l'oceà de Tetis. A les zones on les antigues plataformes carbonàtiques juràssiques havien emergit, es desenvolupaven sistemes de caveres i dolines sota un clima tropical que afavoria la formació de sòls bauxítics i laterítics. A les plataformes continentals, fora de l'abast de la influència deltaica, es dipositaven carbonats i es desenvolupaven barreres d'esculls de rudistes i baixos de sorra, molts d'aquests darrers formats per l'acumulació dels esquelets d'uns foraminífers anomenats orbitolines. Als solcs marins més profunds situats a les zones septentrional i occidental de l'àrea pirinenca i del golf de Biscaia, es dipositaven sediments clàstics que eren transportats per corrents de turbiditat des dels fronts dels deltes.

Cap a mitjan Cretaci Superior, ara fa al voltant de 85 milions d'anys, la Placa Africana inicià un moviment de rotació en sentit anti-horari respecte de la Placa Europea tot desplaçant-se, alhora, cap al nord. Això va provocar el tancament de les conques central i occidental de l'oceà de Tetis. La conseqüència va ser que els processos de deformació que es desenvolupaven a la zona alpina, es propaguessin ràpidament cap a les zones de l'actual Mediterrània occidental. La Placa Ibèrica, situada entre la Placa Africana i la Placa Europea, es veié empenya cap al nord i s'inicià la

convergència amb la Placa Europea i la consegüent deformació dels marges contigus d'ambdues plaques. A l'àrea pirinenca, la deformació es propagà des de les zones orientals cap a les occidentals, en un procés que culminaria, al cap de 50 milions d'anys, amb l'edificació dels Pirineus i de les cadenes alpines de l'interior de la península. En aquells temps, l'àrea emergida del Massís Ibèric havia assolit una superfície que era propera a la de l'actual Península Ibèrica. A les desembocadures dels grans rius s'edificaven aparells deltaics, i a les àrees de la plataforma continental que quedaven fora de l'abast de les zones d'influència deltaica es dipositaven carbonats i margues i s'hi desenvolupaven esculls de rudistes i coralls. La deformació que patia la vora septentrional de la Placa Ibèrica provocava freqüents situacions d'inestabilitat en els sediments que es dipositaven a la plataforma continental. Una part d'aquells sediments eren transportats, mitjançant corrents de turbiditat i colades de fang submarines, fins als fons marins profunds de la conca pirinenca.



Fa 65 milions d'anys. Finals del Cretaci-principis del Terciari. Font: Modificat de Ziegler (1989).

La formació de les cadenes de muntanyes.**El Paleogen**

Al cap de 20 milions d'anys, cap a finals del Cretaci-principis del Terciari, la situació general havia evolucionat amb rapidesa. El procés de convergència entre la Placa Ibèrica i la Placa Europea havia conduït a l'inici de la col·lisió entre totes dues plaques. La superfície total emergida de la Placa Ibèrica havia assolit unes dimensions força similars a les actuals, encara que la distribució geogràfica de les terres i les aigües era bastant diferent. Ara fa uns 65 milions d'anys, la zona que actualment és ocupada pel golf de València i el golf del Lleó es trobava emergida i sotmesa a una intensa erosió. Geogràficament era una península que els geòlegs han anomenat Massís Catalanobaleà. Aquella península s'endinsava a l'oceà de Tetis occidental, ara ja una Protomediterrània, i restava unida a la resta de terres emergides de la placa mitjançant un istme que es localitzava aproximadament a la transversal Tarragona-Eivissa. L'antiga connexió entre l'oceà de Tetis i el golf de Biscaia al llarg de la zona pirinenca ara havia quedat interrompuda, perquè les àrees orientals havien emergit. Una gran part d'aquelles zones emergides recentment eren terres baixes, vastes planes al·luvials per les quals discorrien rius trenats que transportaven els sediments clàstics procedents de l'erosió de les àrees antigues del Massís Ibèric i del Massís Catalanobaleà. En aquelles terres baixes també hi havia aiguamolls i llacs poc profunds on es dipositaven carbonats, torbes i, localment, evaporites. Aquells pantans van albergar una gran quantitat d'éssers vivents i, per damunt d'ells, hi van deambular alguns dels darrers dinosaures que van poblar la Terra. Els geòlegs diuen del conjunt d'aquests sediments "que tenen fàcies garumniana".

A les àrees de la plataforma continental de les zones occidentals de l'àrea pirinenca, connectades amb el golf de Biscaia, es dipositaven sediments carbonàtics.

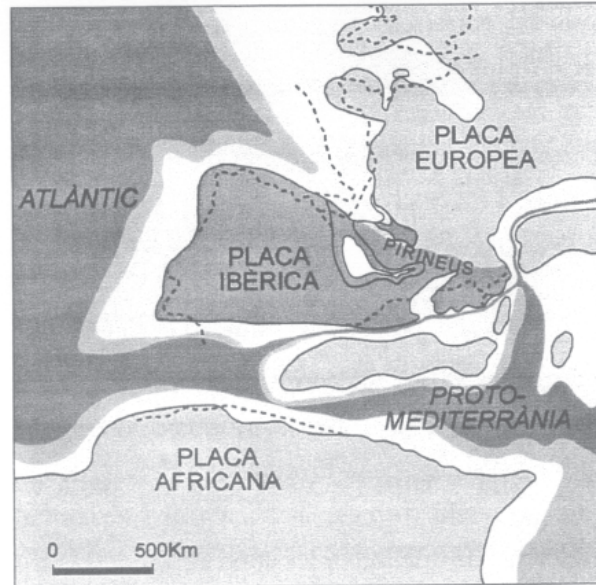
Ara fa 55 milions d'anys, a principis de l'Eocè, la mar va començar a envair les terres baixes garumnianes. A l'àrea pirinenca, l'apilament tectònic progressiu de materials del sòcol i de les antigues conques sedimentàries que es produïa per efecte de la col·lisió entre les dues plaques, significava una càrrega enorme sobre les seves vores. L'increment continuat de càrrega havia provocat que la litosfera de les zones contigües a la cadena de muntanyes en formació s'anés inflexionant en direcció a aquella. A conseqüència d'això, es generaren, a ambdós costats de la cadena de muntanyes i paral·lelament a ella, unes àrees noves topogràficament deprimides o conques d'avantpaís, les quals foren immediatament envaïdes per la mar. Algunes parts de les àrees pirinenques, del Massís de l'Ebre i del Massís Catalanobaleà es veieren convertides en una plataforma marina de poca fondària on es dipositaven sediments predominantment carbonàtics. Aquelles aigües foren immediatament colonitzades per quantitats ingents d'uns foraminífers de vida bentònica —les alveolines— els esquelets dels quals, transportats per l'onatge i les marees, s'acumulaven formant baixos de sorra i barres litorals. A les desembocadures dels cursos fluvials que drenaven les àrees emergides, s'edificaven aparells deltaics, els quals eren també, en major o menor grau, retreballats per les marees.

El procés de col·lisió entre la Placa Ibèrica i la Placa Europea assoliria el seu moment culminant cap a finals de l'Eocè, ara fa aproximadament uns 35 milions d'anys. La deformació que tenia lloc als marges de les dues plaques es transmeté cap a llur l'interior, de manera que determinades àrees

intraplaca que prèviament s'havien vist sotmeses a extensió —durant el Triàsic i el Cretaci Inferior— ara eren deformades en un context compressiu que donà principi a la formació de les estructures tectòniques que avui constitueixen la Serralada Ibèrica i el Sistema Mediterrani Català. A l'àrea pirinenca es generaren sistemes de plects i mantells de corriments que invertiren i exhumeren les antigues conques sedimentaries, les quals foren desplaçades tectònicament cap al sud. A la zona ocupada actualment pel Sistema Mediterrani Català, la deformació es traduí en la formació de sistemes de falles de desplaçament horitzontal sinistre, obliqües a la direcció de màxim escurçament de la zona pirinenca. Conseqüència de tot plegat fou que l'antic Massís de l'Ebre desaparegué com a àrea emergida subministradora de sediments, i passà a ser el sòcol de la conca d'avantpaís generada al sud de l'àrea pirinenca, la conca de l'Ebre, receptora dels sediments procedents de l'erosió de les estructures que s'anaven formant i que llavors començaven a emergir.

La conca de l'Ebre. D'una mar oberta a una plana al·luvial

A mitjan Eocè, ara fa uns 47 milions d'anys, els Pirineus apareixien com un reguitzell d'illes alineades en direcció est-oest, que emergien entre les aigües que cobrien les conques d'avantpaís d'Aquitània, al nord, i de l'Ebre, al sud. En aquell temps, la conca de l'Ebre limitava a l'est amb el Massís Catalanoblear, de manera que quedava desconnectada de la Protomediterrània i s'obria cap a l'oest pel golf de Biscaia. La conca d'Aquitània exhibia una organització geogràfica similar. Flanquejant la conca de l'Ebre es desenvolupava una plataforma marina siliciclàstica on creixien alguns esculls, alhora que a les desem-



Fa 37 milions d'anys. Finals de l'Eocè Mitjà. Font: Modificat de Santanach i col·laboradors (1986).

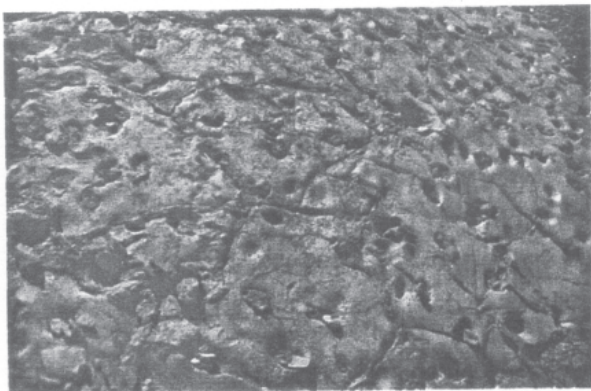
bocadures dels rius que drenaven el Massís Catalanoblear s'edificaven ventalls deltaics, les dimensions d'alguns dels quals eren similars a les de l'actual delta de l'Ebre. El clima, la circulació de les aigües i la resta de condicionants paleoambientals, afavoriren que aquelles plataformes fossin colonitzades per uns foraminífers de vida bentònica típics de l'Eocè Mitjà, els nummulits. Els seus esquelets eren sovint transportats pels corrents i les mares fins que s'acumulaven formant barres litorals i baixos de sorra. A poc a poc, la conca de l'Ebre s'anava reblint de sediments. Cap a finals de l'Eocè Mitjà, ara fa uns 37 milions d'anys, havia passat de ser connectada amb la mar oberta pel golf de Biscaia a un règim pràcticament endorreic que afavoria l'evaporació. Això va determinar que a les àrees centrals de la conca es dipositessin grans quantitats de sals, mentre que a zones molt localitzades dels marges, encara s'edificaven petites construccions d'esculls coral·lins. Al mateix temps, les estructures tectòniques que es formaven com a conseqüència de la

col·lisió entre les dues plaques prosseguien llur desenvolupament, involucrant sediments cada cop més joves. Això provocava, al seu torn, que l'àrea emergida de les cadenes de muntanyes en formació fos cada cop més extensa i, com a conseqüència, que augmentés el volum de materials disponibles per a ser erosionats i transportats cap a la conca d'avantpaís.

A principis de l'Oligocè, ara fa uns 33 milions d'anys, la conca de l'Ebre continuava aïllada del golf de Biscaia i de la Protomediterrània. Ara era una depressió sotmesa a un règim continental endorreic, la qual rebia les aportacions dels rius i torrents que drenaven les àrees del nord i del sud, les quals havien estat topogràficament elevades per causes tectòniques. En arribar a la plana, aquells rius i torrents dipositaven els seus al·luvions, consistents en enormes quantitats de ventalls i de planes al·luvials per les quals serpentejaven alguns rius de llits trenats. A les zones centrals de la conca, relativament allunyades dels fronts de les cadenes de muntanyes, es desenvolupaven pantans i àrees lacustres on es dipositaven margues, carbonats, guixos i de vegades, també,

torbes. A les desembocadures dels cursos d'aigua que arribaven a aquells llacs s'edificaven petits deltes. Probablement, el paisatge de les zones centrals de l'actual part catalana de la conca de l'Ebre devia recordar en alguns aspectes el de la sabana africana actual. Llacs poc profunds envoltats de vegetació i àrees temporalment entollades on els ocells, els herbívors i els depredadors deixaven les seves petjades al damunt d'un fang escrostonat.

Cap a finals de l'Oligocè - principis del Miocè, ara fa uns 24 milions d'anys, el procés de col·lisió entre les plaques Ibèrica i Europea havia arribat al seu terme. Els sediments que formaven els antics ventalls al·luvials, que 10 milions d'anys abans s'havien dipositat al peu dels fronts muntanyosos dels Pirineus, ara es trobaven plegats dibuixant belles discordances progressives. La conca de l'Ebre es mantenia en un règim endorreic, bé que els llocs que acumulaven els majors gruixos de sediments ara es trobaven desplaçats cap a les zones actualment aragonesa i navarresa de la conca. La zona oriental, o Conca Central Catalana, es trobava reblerta del tot i era una extensa plana al·luvial que drenava cap a l'oest. Els Pirineus i la Serralada Ibèrica ja tenien la mateixa estructura de plegament que ara, però eren més baixos. En aquell moment estaven a punt d'iniciar-se els esdeveniments que havien de determinar la resta dels trets geològics bàsics que configuren l'àrea catalana de la Placa Ibèrica.



Ara fa 24 milions d'anys, cap a finals de l'Eocè-principis de l'Oligocè a les zones centrals de la conca es desenvolupaven àrees temporalment entollades on els ocells, els herbívors i els depredadors deixaven les seves petjades al damunt d'un fang escrostonat.

Ara fa 24 milions d'anys. Els temps neògens.

**Les fosses tectòniques i el Sistema Mediterrani
Català**

Alhora que es formaven els Pirineus, un sistema de falles que es desenvolupava en un context geodinàmic extensional, similar a aquell que s'havia

iniciat cap a finals del Pèrmic i que després havia provocat la fragmentació de Pangea, progressava per l'interior de la Placa Europea des del nord cap al sud, per les actuals valls del Rin i del Roine. Ara fa uns 24 milions d'anys, aquell règim tectònic extensional assolí l'àrea mediterrània occidental. A conseqüència d'aquell fet, l'escorça continental del Massís Catalanobalear va començar a aprimar-se en àrees localitzades. L'evolució dels sistemes de fractures provocà que una part del massís Catalanobalear, el Bloc Corsicosard, s'esqueixés del massís principal i que comencés a derivar cap a l'est. D'aquesta manera començava, fa uns 20 milions d'anys, l'obertura del golf de València i del golf del Lleó i, amb aquesta, l'existència de l'actual Mediterrània occidental. Les antigues falles de desplaçament horitzontal que s'havien format a la zona del Sistema Mediterrani Català simultàniament amb la formació dels Pirineus, actuaren en el nou context tectònic extensional com a falles normals i generaren sistemes de fosses tectòniques paral·leles a l'actual línia de costa i també d'oblics. A l'àrea pirinenca oriental, es va generar un altre sistema de fosses tectòniques que tallà les estructures de plegament que s'havien format amb anterioritat, el qual delimità petites conques sedimentàries intramuntanyenques. A favor d'alguns d'aquells sistemes de falles es produïren efusions de roques volcàniques bàsiques localitzades a la zona nord-oriental de la Placa Ibèrica. En alguns punts, aquests tipus d'efusions s'havien de perllongar fins ben entrat el Quaternari. Part d'aquelles fosses llavors recentment formades van quedar connectades amb la Mediterrània. Immediatament van ser ocupades per una mar soma on es dipositaven sediments clàstics i evaporites i s'hi edificaven també alguns esculls coral·lins. D'altres conques, especialment les intramuntanyenques, continuaren sotmeses a

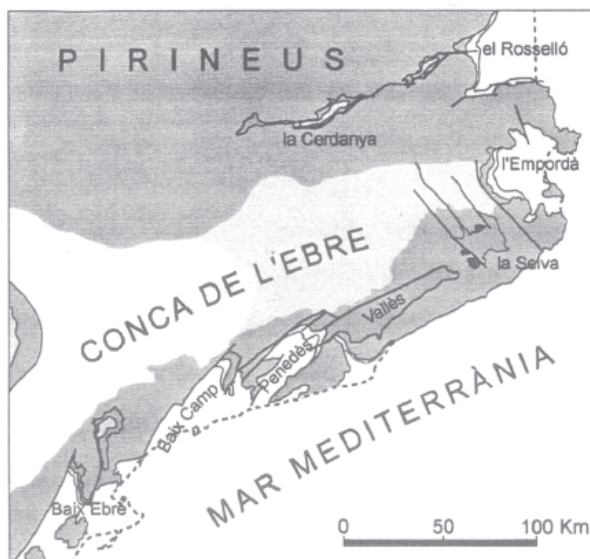


Fa 7 milions d'anys. La crisi messiniana. Font: SGC/ICC (2000).

la dinàmica continental i funcionaren en règim endorreic. En aquestes es desenvoluparen sistemes de ventalls al·luvials i àrees pantanoses i lacustres on es dipositaven sediments fins i torbes. A poc a poc, totes aquelles conques van anar quedant reblertes de sediments.

Crisi messiniana. La conca de l'Ebre, tributària de la Mediterrània

Ara fa uns 7 milions d'anys, va passar una cosa extraordinària que afectà tota la conca mediterrània i les terres emergides que l'envolten. En el Messinià es va assecar la Mediterrània. La major part de l'àrea va quedar convertida en un salí gegantí situat a centenars de metres per sota del nivell de l'Atlàntic. És possible que el paisatge fos d'una bellesa desoladora que tal volta s'assemblés força a una espècie de combinació de Triangle dels Àfars amb alguns *salares* de l'àrea andina i la conca de la Mar Morta. Aquell canvi brutal en el nivell de base provocà que els rius s'encaixessin molt profundament a les antigues plataformes marines



Fa 4 milions d'anys. Pliocè Inferior. Font: SGC/ICC (2000).

i que l'erosió que produïen a les zones de les capçaleres progressés en direcció al continent. Probablement, la capçalera d'un riu que drenava els blocs aixecats del Sistema Mediterrani Català va assolir llavors la conca de l'Ebre. A partir d'aquell moment, l'antiga conca d'avantpaís dels Pirineus deixava de ser una conca endorreica i passava a ser tributària de la conca mediterrània. Els sediments dipositats a la conca de l'Ebre durant l'edificació de les cadenes de muntanyes que la delimiten passaven, doncs, a ser l'àrea font d'una part molt important dels sediments que anirien a dipositar-se al golf de València.

Cap a mitjan Pliocè, ara fa uns 3 milions d'anys, el nivell de la Mediterrània no tan sols s'havia recuperat, sinó que havia ascendit per damunt del nivell actual. Prou com perquè algunes àrees de les fosses tectòniques properes a la costa, que s'havien generat a principis del Miocè, tornessin a ser envaïdes per una mar poc profunda. A les desembocadures d'alguns rius s'edificaren uns petits aparells deltaics del tipus que els geòlegs anomenen *de Gilbert* i que són molt característics del

Pliocè de la Mediterrània. A les vores d'algunes de les depressions intramuntanyenques, com la de la Selva, es produïen efusions volcàniques d'una certa importància. Possiblement, els processos de reajustament isostàtic que tenien lloc a la litosfera, actius des que s'havia extingit el context tectònic compressiu que havia caracteritzat l'Eocè, determinaren que, cap a la fi del Pliocè, els Pirineus i el Sistema Mediterrani Català assolissin les elevacions topogràfiques més grans de la seva història.

Des de fa 2 milions d'anys fins l'any 18.000 abans de la nostra era

Durant el Quaternari és quan la Península Ibèrica adquireix la resta de trets geogràfics que li conferiran l'aspecte amb el qual la coneixem actualment. Des del punt de vista de la geodinàmica interna, el Quaternari es pot considerar, en general, com un període de calma relativa, trencada puntualment per les erupcions volcàniques localitzades a la zona nord-oriental de Catalunya. Però, climàticament, és molt actiu. Després d'una època de clima benigne, que es mantingué des de finals del Pliocè, ara fa uns 2 milions d'anys, fins a mitjan Plistocè, ara fa 820.000 anys, tingueren lloc cinc glaciacions separades per intervals de clima més càlid. Durant les èpoques glacials, el volum d'aigua atrapada als casquets polars en forma de glaç, provocava que el nivell de la mar davallés unes quantes desenes de metres per sota del nivell actual. Conseqüentment, els cursos d'aigua s'encaixaven fortament en el relleu i dipositaven a les seves desembocadures, graves i arenes en forma de ventalls deltaics. A les zones més altes dels Pirineus es formaven circs i glaceres de vall, les quals acumulaven i transportaven blocs i fragments de roca a les seves morenes, al mateix

temps que erosionaven els seus llits, conferint-los la típica secció en U de les valls d'origen glacial. Als desnivells topogràfics de les proximitats de les àrees amb glaceres actives, o zones periglacials, el procés iteratiu de congelació-fusió de l'aigua intersticial de les roques i de l'aigua retinguda en esquerdes i diàclasis provocava la fragmentació mecànica d'aquelles i la consegüent acumulació dels fragments als peus dels vessants en forma de tarteres i d'uns cons de dipòsits de vessant molt característics. Durant les èpoques interglacials, es fonia una gran part del glaç dels casquets polars, el nivell de la mar ascendia i els cursos d'aigua dipositaven els sediments que transportaven a les vores de les seus llits. Lluny de les àrees glacials, aquells canvis climàtics es reflectien en la formació de sòls i crostes carbonatades damunt dels sediments al·luvials i en l'acumulació periòdica de sediments fins com a *loess*, que eren transportats pel vent en forma de núvols de pols. A les zones amb afloraments importants de roques carbonàtiques, de conglomerats amb els còdols i el ciment carbonàtic o d'altres roques solubles en aigua o en àcid carbònic, es desenvolupaven processos de carstificació que donaren lloc a sistemes de cavernes, avencs i dolines. Algunes d'aquelles dolines van evolucionar cap a veritables àrees lacustres. A la sortida dels sistemes càrstics, les aigües saturades en carbonat càlcic sedimentaven —i, en alguns casos, continuen sedimentant actualment— uns precipitats i incrustacions que es coneixen amb el nom de *travertins*. Els canvis del nivell de base, juntament amb l'acció combinada de dissolució química i abrasió mecànica, provocaren que, en travessar zones de carbonats, els cursos fluvials s'encaixessin en el relleu formant estrets i profunds congostos. Els dipòsits de roques clàstiques (conglomerats i gresos) que 22 milions d'anys abans s'havien

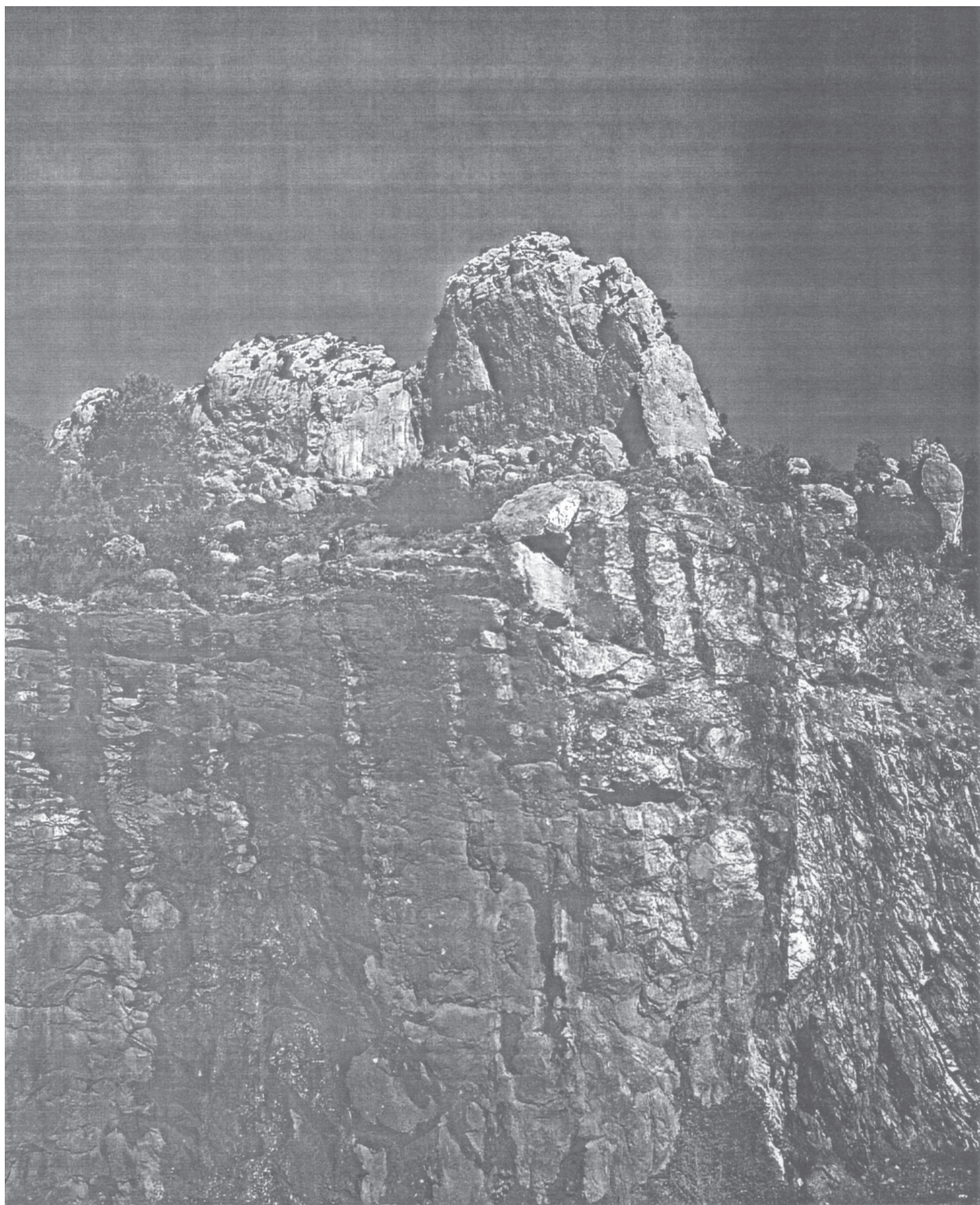
acumulat als marges de la conca de l'Ebre, s'havien vist afectats posteriorment per diversos sistemes de diàclasis o esquerdes verticals molt penetrants que els havien fragmentats en blocs de dimensions enormes. Ara, durant el Plistocè, l'encaixament de la xarxa de drenatge anava generant uns buits potencials que tendien a rebllir-se. La caiguda de blocs cap a les valls que anaven creixent, combinada amb la dissolució química foren dos processos determinants del modelat més característic dels conglomerats de composició carbonàtica, el relleu montserratí. També els antics massissos granítics es veieren involucrats en una dinàmica similar. A les àrees de clima temperat i humit, a la disjunció en blocs a favor de les diàclasis s'afegí l'alteració química dels feldspats. El resultat fou la formació de boles de roca poc o gens alterada, les quals quedaven immerses en acumulacions de grans de quars i de mica suportats per una matriu argilosa. A Catalunya, aquestes acumulacions s'anomenen *sauló*. L'eliminació de sauló mitjançant la xarxa de drenatge va deixar al descobert moltes d'aquelles boles, conformant d'aquesta manera un dels aspectes característics dels paisatges de roques granítics. La reiteració en el temps de tots els processos esmentats, conduí a la formació de terrasses i ventalls al·luvials esglaonats, a la incisió dels congostos fluvials, a la formació de plataformes d'abrasió marines, a l'establiment de la xarxa fluvial gairebé tal com la coneixem avui dia i, al capdavant, a la definició dels trets bàsics de l'escultura del paisatge.

Els darrers 18.000 anys

El període geològic actual, l'Holocè, s'inicià fa vora al voltant de 18.000 anys, en finalitzar la darrera glaciació. El nivell de la mar es trobava

llavors situat a unes quantes desenes de metres per sota del nivell actual. La progressiva disminució de la superfície dels casquets polars, provocà una transgressió marina que negà les terres baixes costaneres i les antigues planes deltaïques. Les glaceres que cobrien les zones més altes dels Pirineus desapareixien de mica en mica i, en alguns circs i algunes concavitats del perfil longitudinal de les seves valls, es formaven petites i belles conques lacustres, de vegades contingudes per les antigues morenes. A poc a poc, el nivell de la mar es va anar estabilitzant. Ara fa 10.000 anys, el nivell de la mar es trobava al voltant de 2 metres per damunt de la cota actual. La major part de les planes de l'Empordà, de Barcelona, del delta del Llobregat i del delta de l'Ebre es trobaven submergides. Eren badies poc profundes, envoltades de terres baixes al·luvials, de les quals emergien alguns illots. Cap a l'any 1000 a.C., l'acumulació de sediments aportats pels rius havia fet augmentar considerablement les àrees emergides i el seu paisatge consistia en aiguamolls i terres baixes pantanoses. Als assentaments humans, localitzats a la perifèria d'aquelles planes i també en alguns illots, es començaren a desenvolupar l'agricultura i la ramaderia. Uns 400 anys més tard, cap a l'any 600 a.C., una expedició de grecs focuus desembarcà a les costes del golf de Roses. Aquells grecs fundaren una ciutat —Empòrion, que en grec significa mercat i que havia de donar nom a l'Empordà— i un port i immediatament van començar les seves activitats comercials. Més tard, amb la romanització, Empòrion va créixer fins a assolir una població d'uns 5.000 habitants en el període comprès entre l'any 218 a.C. i l'any 50 de la nostra era. Però, durant tot **aquell temps**, la plana havia anat creixent amb els al·luvions aportats pels rius, de manera que,

cap a l'any 50, la línia de costa es trobava ja bastant pròxima a l'actual. A conseqüència d'això, el port es començava a omplir de sediments i la sorra del cordó de dunes litorals, transportada pel vent del nord, la tramuntana, començà a envair la ciutat. Aquell problema, juntament amb l'obertura de noves rutes comercials i el creixement que també havien experimentat els plans de Barcelona i de Tarragona per causes geodinàmiques determinaren que la ciutat d'Empòrion anés quedant abandonada i que tota l'activitat econòmica i política es traslladés als pròspers centres de Bàrcino i Tàrraco. Durant l'Edat Mitjana, a causa de conflictes polítics i militars entre nobles veïns, alguns rius, com el curs baix del Ter, foren repetidament desviats. A les zones de muntanya, de forts pendents, l'activitat antròpica va deixar la seva empremta en el paisatge en forma de bancals i terrasses de conreu. Més tard, al segle XVII, la desforestació de grans àrees de bosc es traduí en un augment considerable de les aportacions dels rius i, en conseqüència, en un increment de la superfície emergida de les planes deltaïques i costaneres. El delta de l'Ebre assolí la seva extensió màxima cap a finals dels anys 10 del segle XX. Des de llavors, per raó de la retenció de sediments en els embassaments de la seva conca, el volum de materials del delta roman pràcticament constant. Els sediments disponibles ara són redistribuïts per l'acció dels corrents de deriva litoral, per les onades i, en menor mesura, per les marees, de manera que la silueta del delta de l'Ebre tendeix a ser arrodonida, a l'estil de la del delta del Llobregat. Durant la resta del segle XX el paisatge de Catalunya ha anat evolucionant amb pocs canvis —gairebé tots deguts a l'acció antròpica— fins a assolir l'aspecte que podem percebre en el dia d'avui.



E NARGÓ (Lleida). La història geològica queda escrita per sempre a les roques. Els geòlegs, estudiant aquestes formacions geològiques, poden conèixer l'es-
i la història geològica d'una regió. Aquest espectacular aflorament està situat sota la localitat de Coll de Nargó, prop de les aigües del pantà d'Oliana, al riu Segre.