



Generalitat de Catalunya
Departament de Política Territorial i Obres Públiques
Institut Cartogràfic de Catalunya

LA FORMACIÓ DELS PIRINEUS

Interpretació a partir d'un tall geològic als Pirineus Centrals

Albert Martínez

Josep Anton Muñoz

Pere Busquets

Miquel Vilaplana

Índex

PRÒLEG	3
OBJECTIUS PRINCIPALS:.....	3
LA GEOLOGIA DELS PIRINEUS.....	3
INTRODUCCIÓ.....	3
ELS LÍMITS DE L'OROGEN PIRINENC I LA SEVA EVOLUCIÓ EN RELACIÓ AMB EL MOVIMENT DE LES PLAQUES	4
HISTÒRIA DEL CONEIXEMENT DELS PIRINEUS	5
ESTRUCTURA CORTICAL DELS PIRINEUS	5
EL CICLE EXTERN ACTUAL.....	7
BIBLIOGRAFIA	8
GLOSSARI.....	9

Pròleg

Aquesta aplicació és la versió interactiva de la col·lecció didàctica de diapositives editada pel Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya i cedida per l'Institut Geogràfic de Catalunya per a la seva inclusió a SINERA en Disc. Presenta les teories més modernes sobre la formació de les serralades de muntanyes, aplicades al cas concret dels Pirineus.

Es dirigeix al professorat de Ciències Naturals de l'ensenyament secundari, al professorat dels primers cursos de les facultats de ciències i al públic en general afeccionat a la geologia.

L'equip d'autors és format per geòlegs que treballen al Servei Geològic de Catalunya, a la Facultat de Geologia de Barcelona o bé a l'Ensenyament secundari. Aquest equip ha permès sintetitzar el coneixement actual de la geologia dels Pirineus, que tenen alguns dels autors amb l'experiència divulgadora i didàctica que tenen els altres. El resultat ha estat la realització d'aquesta col·lecció d'imatges.

Objectius principals:

- 1- Donar a conèixer les teories geològiques més modernes sobre la formació dels Pirineus
- 2- Servir d'eina de treball per a presentar aquests nous conceptes a l'alumnat, d'una manera tan entenedora com sigui possible.

La col·lecció consta d'una introducció, una història de l'evolució de les diferents interpretacions hagudes fins ara. A partir de la interpretació més recent d'un tall geològic dels Pirineus centrals, es fa una reconstrucció paleogeogràfica de diferents estadis en la formació dels Pirineus, tant en bloc-diagrames com en talls.

LA GEOLOGIA DELS PIRINEUS

Introducció

La divisió de Catalunya en unitats geològiques, acceptada per la majoria i transmesa pels ensenyants, es va fonamentar a partir dels coneixements adquirits al llarg de la primera meitat del segle XX, com a resultat d'una colla d'estudis de l'àmbit pirinenc. Aquests coneixements van determinar la divisió clàssica de Catalunya en: el Pirineu axial, els Pre-pirineus, la Depressió Central i els Catalànids (Serralades Costaneres i Depressió Pre-litoral) (Solé Sabarís, 1958). En els darrers 30 anys l'acumulació de noves dades ens ha donat una nova visió de l'estructura general d'aquesta àrea. Els estudis que les han subministrat, impulsats per la prospecció d'hidrocarburs, són els següents:

1. La geologia de superfície i sondatges petrolers dels anys 60: en aquests anys s'analitza la pràctica totalitat del registre sedimentari, i es reconstrueixen les condicions de sedimentació de cada àrea en el decurs del temps. Aquest coneixement estratigràfic i sedimentològic permet afinar l'encadenament d'esdeveniments de la història geològica. Per primera vegada és possible relacionar les roques sedimentàries no plegades de les conques sud i nord-pirinenques (conques d'avantpaís de l'Ebre i d'Aquitània) amb la seva continuació a les zones plegades. Aquestes dades també propicien els avenços en l'estudi i interpretació de l'estructura dels Pirineus i en una nova divisió estructural, proposada per Mattauer & Séguret el 1971, que és la següent: *zona plegada d'avantpaís septentrional, zona nord-pirinenca, zona axial, zona sud-pirinenca, zona plegada d'avantpaís meridional*.

2. Estudis de la cobertora sedimentària (fins a 5 km) a partir de prospecció sísmica : aquests estudis permeten detectar i situar les superfícies estructurals (falles , encavalcaments i superfícies de corriments), els grans canvis litològics (capes salines, etc.) i les discontinuïtats estratigràfiques (sostre del basament, etc.). Es així com s'obté un model tridimensional de les conques d'avantpaís associades a l'orogen.

3. Estudi de tota l'escorça fins al mantell superior a partir dels projectes de sísmica profunda i de gravimetria: aquests projectes han permès obtenir una imatge, fins ara desconeguda, de les escorces superior i inferior i de la part superior del mantell litosfèric. Aquest estudi ha permès elaborar un nou model estructural dels Pirineus. El resultat d'aquests estudis és una nova visió de l'estructura del NE peninsular i, per tant, de la seva història geològica, acceptada per la comunitat científica a partir del 1985.

Els límits de l'orogen pirinenc i la seva evolució en relació amb el moviment de les plaques

El Pirineu és un orogen de col·lisió que s'ha desenvolupat al llarg de la zona de contacte entre les plaques ibèrica (o iberoafricana) i eurasiàtica. Els seus límits sobrepassen en molt l'extensió del Pirineu en sentit geogràfic (Pirineus ístmics) . D'est a oest s'estén des de la Provença, on queda obliterat per les estructures dels Alps i per l'extensió neògena, fins més enllà de Galícia al llarg de la plataforma cantàbrica. Les estructures pirinenques més occidentals es troben al mig de l'oceà Atlàntic, on limiten amb escorça oceànica més jove generada a la dorsal atlàntica.

Les característiques dels diferents sectors de l'orogen pirinenc són el resultat del moviment relatiu entre les plaques eurasiàtica, ibèrica i africana i de l'evolució dels seus límits durant els temps mesozoics i cenozoics. A grans trets, es pot determinar que durant el Mesozoic, sincrònicament als processos d'obertura de l'Atlàntic, la placa ibèrica tendí a separar-se de l'eurasiàtica. Com a conseqüència d'aquest fet, a la zona de contacte entre les plaques hi hagué durant el Cretaci inferior estirament i aprimament de la litosfera que es traduí en un desigual desenvolupament d'un procés de *rifting* al llarg del contacte. A la part occidental (golf de Biscaia), hi hagué ruptura de l'escorça continental i formació progressiva de nova escorça oceànica. A l'est del golf de Biscaia (Pirineus ístmics) l'estirament minvà progressivament i sense arribar a l'oceanització, es desenvoluparen fosses tectòniques, que van actuar de solcs sedimentaris sincrònicament a l'etapa d'extensió i mentre la placa ibèrica girava en el sentit contrari de les busques d'un rellotge.

Més tard, entre el Cretaci superior i el Miocè inferior es produí la convergència entre les plaques ibèrica i eurasiàtica. Al domini pirinenc, amb la litosfera més prima i afectada per les fractures que havien estat actives durant l'etapa de separació i aprimament mesozoica, es concentraren les deformacions. Al sector meridional del golf de Biscaia la litosfera oceànica tingué una subducció, això és, s'enfonsà sota la litosfera continental de la placa ibèrica; en canvi en els Pirineus ístmics fou la placa ibèrica la que va subduir per sota de l'eurasiàtica, aquí ambdues de caràcter continental.

Durant la major part del període de convergència (del Cretaci superior a l'Eocè superior), Ibèria va romandre enganxada a la placa africana, formant-ne part. Així doncs, l'orogen pirinenc representa el límit entre les plaques africana i europea, i per tant la seva sutura. No és doncs una serralada marginal dins del sistema alpí-himalaienc. El final de la formació de la serralada pirinenca representa la soldadura entre la placa africana-ibèrica i l'europea. Com que la tendència a convergir entre les dues plaques continuava i els Pirineus no podien absorbir ja els esforços, el sistema alpí (límit entre Euràsia i Àfrica) es traslladà a zones meridionals més febles tot formant-se la Serralada Bètica, nou límit entre les plaques eurasiàtica (incloent-hi ara Ibèria) i africana.

Història del coneixement dels Pirineus

Els estudis geològics a l'àmbit pirinenc comencen ja el segle XVIII i han estat sintetitzats per Fontboté (1991) en el seu treball sobre la tectònica dels Pirineus. Les grans etapes de l'estudi es poden resumir així:

1. Fins a 1900: estudis limitats als minerals i a les roques, duts a terme per geòlegs francesos i alguns d'espanyols. S'observen i es descriuen algunes deformacions aïllades sense integrar-les en un marc global i interpretatiu.
2. De 1900 fins a 1945: s'inicien una colla d'estudis sistemàtics, estratigràfics, cartogràfics i estructurals, que ja donen una visió global. Els desenvolupen principalment geòlegs francesos i alemanys. A partir d'aquestes dades alguns autors proposen un model estructural en el qual grans masses de roques es traslladen horitzontalment per distàncies quilomètriques (**model al·loctonista**). Aquestes idees van néixer de la interpretació que alguns autors havien proposat per als Alps. Un altre grup d'autors proposen per als Pirineus un model radicalment diferent al dels Alps, i que en cap cas no comporta l'existència de grans masses rocoses corregudes (**model autoctonista**). Va néixer així la controvèrsia al·loctonista - autoctonista que fou el reflex fidel de la més àmplia que enfrontava mobilistes i fixistes entorn dels processos geodinàmics implicats en les orogènies. El rigor i la qualitat dels estudis, molt superior en el camp autoctonista, i l'escepticisme sobre la possibilitat de desplaçaments de grans masses de roques que dominava la comunitat científica després d'abandonar la deriva continental de Wegener cap a 1930, van imposar les idees autoctonistes. La vigència d'aquest model, que avui considerem erroni, va predominar fins a final de la dècada dels 70 i encara constitueix la base de la divisió clàssica del NE peninsular en unitats geològiques. Aquest model s'ha basat a considerar que el Pirineu es una serralada formada a la seva part central per un sòcol emergit de materials paleozoics, que en temps anteriors a la formació de la serralada definia dues conques marines simètriques, una a cada vessant. El posterior bombament i fracturació del sòcol va deformar els sediments d'aquestes conques formant un orogen constituït per dos feixos simètrics de plecs respectivament vessants al nord i al sud. Així quedaven configurades una zona axial paleozoica i dues zones de materials mesozoics i terciaris plegats que formen els Pre-pirineus, totes tres marcadament autòctones.
3. De 1945 a 1970: el final de la Guerra Civil Espanyola i de la Segona Guerra Mundial marquen la represa de les investigacions als Pirineus per part de geòlegs espanyols, francesos i holandesos. Els estudis geològics de superfície i de sísmica superficial abans esmentats aporten noves dades que permeten a Mattauer & Séguret (1971) la sistematització de les grans unitats dels Pirineus. El conjunt de dades aportades en aquests anys assenyalen fets que no encaixen amb el model autoctonista. Malgrat tot, el model d'orogen simètric no es posa en dubte. Com és freqüent en l'esdevenir de la ciència, la interpretació de les observacions està esbiaixada per la teoria dominant i només la irrupció d'una de nova, rupturista i globalitzadora, empeny els canvis. La formulació de la teoria de la Tectònica de Plaques o de la Tectònica Global, les noves dades acumulades sobre els Pirineus i les que vindrien tot seguit marquen, a final dels 70, el punt d'inflexió cap a una nova concepció de la geologia dels Pirineus.

Estructura cortical dels Pirineus

L'estructura cortical dels Pirineus ha estat estudiada recentment amb mètodes geofísics. Cal fer un especial esment del perfil de sísmica de reflexió profunda anomenat "ECORS-

PIRINEUS". Aquest perfil es va dur a terme durant els anys 1985 i 1986 i va ser fruit de la col·laboració entre institucions franceses i espanyoles. Té una longitud de 250 km i travessa de nord a sud tota la serralada. Es complementà amb estudis de gravimetria, de sísmica de refracció i d'anomalies magnètiques. La integració de totes aquestes dades geofísiques amb les dades geològiques de superfície ha permès un millor coneixement de l'estructura cortical de la serralada.

L'estructura de l'escorça superior dels Pirineus, tal com es pot deduir per les dades de superfície, està determinada per un sistema d'encavalcaments que mostra, en una secció N-S, una geometria característica en forma de ventall. De sud a nord trobem:

1. Al vessant meridional encavalcaments imbricats dirigits cap al sud que afecten roques de la cobertura mesozoica i terciària.
2. Cap a la part del vessant meridional i al nucli pirinenc, encavalcaments dirigits cap al sud que afecten roques de la cobertura i del sòcol hercinià. Aquests encavalcaments descriuen una geometria anticlinal a escala quilomètrica que provoca l'extens aflorament de roques paleozoiques a la part central de la serralada.
3. Al vessant septentrional, encavalcaments dirigits cap al nord que afecten tant a roques del sòcol hercinià com de la cobertura.

Cal insistir en el fet que aquesta disposició en forma de ventall, d'altra banda característica de la major part de serralades de col·lisió, no implica una simetria de l'orogen. L'estructura a ambdós vessants del Pirineu és força diferent. Els encavalcaments que afecten la part central de sòcol i la cobertura meridional tenen la vergència al sud i totalitzen molt més desplaçament acumulat que els dirigits cap al nord.

Els mantells de cobertura meridional se sobreposen en la major part de la seva extensió a roques terciàries en continuïtat amb la conca de l'Ebre. Al nord i a sota seu, les roques del sòcol hercinià i les de la part inferior de la cobertura (Triàsic inferior) constitueixen mantells de corriments que han estat desplaçats vers el sud i apilats els uns sobre els altres. És el que s'anomena un apilament antiformal, en aquest cas a escala crustal. L'estructuració de la serralada no és doncs conseqüència de l'aixecament en bloc del sòcol hercinià i del conseqüent desplaçament de la cobertura secundària i terciària, sinó que sòcol i cobertura es veuen implicats en un gran apilament de mantells de corriments. Així, la Zona Axial clàssica no és pas una unitat estructural separada de les altres, forma part del gran ventall d'encavalcaments que formen el Pirineu.

Les roques que observem en superfície a l'apilament antiformal són del sòcol hercinià i provenen de la part superior de l'escorça. Mai no n'hi afluïren de formades a profunditats superiors als 15 km. Aquestes roques van ser desplaçades vers el sud i apilades, cosa que originà l'antiforme. A sota seu, l'escorça inferior de la placa ibèrica ha subduït, juntament amb el mantell litosfèric, per sota de la placa europea. Sincrònicament a la formació de l'apilament antiformal i a la subducció de l'escorça inferior, i com a conseqüència, les roques de la cobertura es van desplaçar i amuntegar, vers el sud als Pirineus meridionals i vers el nord als Pirineus septentrionals. No hi ha, per tant, ascens d'un bloc rígid i plegament de cobertura sedimentària (model clàssic), sinó *convergència de plaques, encavalcaments i desplaçament del conjunt sòcol i cobertura*.

Subducció, apilament antiformal i escatament són els tres mecanismes bàsics de deformació que edificaren la serralada, en configurar-se com un dispositiu absorbent dels esforços generats per la convergència de plaques. Tots produïren escurçament cortical.

La quantitat d'escurçament deduïda per un tall geològic a escala cortical seguint el perfil ECORS-Pirineus tot fent restitució geomètrica de les diferents unitats estructurals

amuntegades, és de 147 km (112 km corresponen a l'apilament antiformal i a l'escatament sud, i 35 km a l'escatament nord). La quantitat d'escorça inferior i mantell litosfèric que ha subduït deduïda a partir de la construcció d'un tall cortical és de 110 km. Aquesta diferència representa la part d'escorça que ha subduït no enregistrada pel perfil de sísmica, ja sigui per l'elevat angle de subducció o bé per un canvi progressiu de les característiques petrològiques que la facin poc visible.

L'apilament antiformal està limitat al nord per una falla de primer ordre anomenada nord-pirinenca. Aquesta falla posa en contacte els materials del sòcol hercinia amb els de la cobertora de les unitats nord-pirinenques. La falla nord-pirinenca i les falles associades es van desenvolupar durant l'etapa de *rift* i de moviment direccional d'Ibèria respecte d'Europa durant el Cretaci inferior i van ser responsables de l'emplaçament tectònic de roques del mantell superior (lherzolites) i de l'escorça inferior (granulites).

Recordem que els materials paleozoics que formen el sòcol, van estructurar-se durant l'orogènia herciniana (Carbonífer). El tall restituït mostra també la disposició original pre-alpina i les deformacions alpines prèvies a la compressió i aixecament de la serralada. Aquestes estructures són: els plecs i la foliació herciniana, la geometria de possibles falles extensionals tardihercinianes d'edat estefano-permiana, i les falles normals o extensionals produïdes durant l'etapa de *rifting* al Cretaci inferior.

La geometria de totes aquestes superfícies prèvies, va configurar la geometria i l'evolució de la serralada pirinenca perquè a determinar:

1. La localització del nivell de desenganxament de part de l'escorça superior.
2. La localització dels encavalcaments mitjançant els quals l'escorça superior s'ha escatat i escurçat, al mateix temps que l'escorça inferior subduïa.

El cicle extern actual

La generació dels relleus pirinencs ha anat acompanyada de la formació de conques sedimentàries a nord i sud. Són les anomenades conques d'avantpaís, on s'han acumulat gruixos d'alguns milers de metres de roques sedimentàries que hi han romàs per desenes de milions d'anys. Són les conques d'Aquitània al nord i de l'Ebre al sud. Recordem que aquestes àrees han funcionat com a receptores de sediments des del Cretaci superior. Alguns d'aquests sediments es plegaren i es desplaçaren com a mantells de corriments. Actualment aquestes conques pateixen un procés de desmantellament per part de les xarxes de l'Ebre i de la Garona i secundàriament per les del Ter, Llobregat, Fluvià, Tec, Tet, etc. Tot i aquest desmantellament, el gruix de roques sedimentàries terciàries existents assoleix encara alguns milers de metres sota la superfície topogràfica actual.

Els sediments del desmantellament dels Pirineus i els de les seves conques d'avantpaís, es dipositen actualment a banda i banda de l'istme pirinenc. Per l'est a la Mediterrània fins arribar al fons del canal o solc de València, juntament amb els dels Alps a través de la xarxa del Roine. Per l'oest poden arribar al fons del golf de Biscaia.

Aquests fons marins funcionen com a solcs sedimentaris. Si en un futur aquesta part de l'escorça és sotmesa a compressió, aquestes acumulacions sedimentàries procedents de l'erosió continuada del Pirineu i de les seves conques d'avantpaís es plegaran i formaran noves serralades.

Cal considerar, doncs, la deformació pirinenca que afecta tot el nord peninsular. Cal reconsiderar la divisió estructural de tota aquesta regió diferenciant estructures i rebliments de conques d'avantpaís. També cal situar les edats dels materials en les

diferents unitats estructurals . De manera simplificada ho proposem al quadre i al mapa de les dues darreres imatges.

Bibliografia

- BERÁSTEGUI, X. (1992): Interpretación de los perfiles 85PYR01 y 86PYR01 ECORS en términos de facies sísmicas. *Proyecto Hispano-Francés ECORS-PIRINEOS*. pag.: 51-61. Madrid.
- BRESSON, A. (1902) Études sur les formations anciennes des Hautes et Basses-Pyrénées (Haute-Chaîne). *Bull. Serv. Carte Géol. France* . XIV (93) 276 pp.
- BUSQUETS, P., MARTÍNEZ, A., MUÑOZ, J.A. I VILAPLANA, M. (1992): Les unitats geològiques del NE peninsular en la perspectiva dels nous coneixements geològics. *Actes 3r Simposi sobre l'ensenyament de les Ciències Naturals*. Girona.:41-54.
- DAVIS, D., SUPPE, J. & DAHLEN, F.A. (1983) Mechanics of fault-and-thrust belts and accretionary wedges. *Journal of Geof. Res.* 88: 1153-1172.
- FONTBOTÉ i MUSSOLAS J.M. (1991): Reflexions sobre la Tectònica dels Pirineus. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona Tercera Época* Núm. 889 Vol L Núm 7. 52 pp., Barcelona.
- MARTÍNEZ, A., VERGÉS, J., CLAVELL, E., KENNEDY, J. (1989): Stratigraphic framework of the thrust geometry and structural inversion in the southeastern Pyrenees: La Garrotxa area. *Geodinamica Acta*, 3,3:185-194. Paris.
- MATTAUER, M. i SEGURET, M. (1971).- Les relations entre la chaîne des Pyrénées et le golfe de Gascogne. In : "Histoire structurale du Golfe de Gascogne", *Ed. Technip, Paris IV. 4*; 1-24. Paris.
- MUÑOZ, J.A. (1991): Evolution of a Continental Collision Belt: ECORS-Pyrenees Crustal Balanced Cross-section. *A Thrust Tectonics* Ed. per K. Mc Clay. Chapman&Hall. Londres.
- MUÑOZ, J.A. (1992): Els Pirineus. *Història Natural dels Països Catalans*, vol 2. Barcelona.
- ROCA, E. (1991): L'estructura de la Conca Catalano-balear: paper de la compressió i de l'extensió en la seva gènesi. *Tes. Doctoral. Universitat de Barcelona*. pp:330.
- SÉGURET, M. (1970): Étude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées. Caractère synsedimentaire, rôle de la compression et de la gravité. *Tesi doctoral*. Univ. Montpellier.
- SOLÉ SABARÍS, L., 1958-1964: *Geografia de Catalunya*. Barcelona, Ed. Aedos, 3+1 volums.
- TORNÉ, M., DE CABISSOLE, B., BAYER, R., CASAS, A., DAIGNIERES, M. & RIVERO, A., 1989. Gravity constraints on the deep structure of the Pyrenean belt along the ECORS profile. *Tectonophysics*. 165, 105-116. Amsterdam.

Glossari

Albià-Cenomanià: Pas del Cretaci inferior al Cretaci superior (108-92 milions d'anys).

Anticlinal: plec on els materials més antics es troben a la part interna.

Antiforme: forma d'anticlinal.

Apilament antiformal: apilament de mantells de corriment que te forma com d'anticlinal.

Cambro-ordovicians: materials del Pirineu, del Cambrià i del Ordovicià.

Cenozoic: tems geològic que comprèn: Paleocè, Eocè, Oligocè, Miocè i Pliocè. (66-1,6 milions d'anys).

Cobertora: roques sedimentàries depositades sobre un sòcol (roques anteriors més antigues, plegades i sovint metamorfitzades)

Cretaci: pis del Mesozoic (128-66 milions d'anys).

Crustal: que afecta a l'escorça terrestre mantells de corriment: conjunt de roques que es desplaça i es superposa a sobre de roques més modernes. Poden tenir una aloctonia de varis quilometres.

Devonià: període del Paleozoic que va des de 408-360 milions d'anys.

Edat estefano-permiana: edat de roques que es troben al Pirineu, que no es pot precisar més (part superior del Carbonífer: Estefanià i el Permià, 306-250 milions d'anys).

Escatament: formació de petits mantells de corriment.

Eскурçament cortical: mesura que reflecteix la diferència de longitud de l'escorça abans i després de la deformació.

Extensió neògena: a partir del Neògen (uns 25 milions d'anys) la part NE de la Península Ibèrica s'ha vist afectada per forces extensives que donen lloc a falles normals.

Falles extensionals tardihercinianes: a finals de l'orogènia herciniana, es va produir un estadi extensional que va produir falles normals.

Falles extensionals: falles produïdes per forces d'extensió o estirament (falles normals).

Falles subverticals: el pla de falla es quasi vertical.

Foliació herciniana: durant l'orogènia herciniana es va produir un tipus de deformació penetrativa (petits plans subparalels entre ells) anomenada foliació.

Hercinià: cicle orogènic que va plegar els materials del Paleozoic (aprox. 306-250 milions d'anys).

Mantell litosfèric: part superior del mantell que forma part de la litosfera.

Mesozoic: temps geològic que compren el Triàsic, Juràssic i Cretaci (250-66 milions d'anys).

Oligocè: època del terciari 36-26 milions d'anys.

Orogen: conjunt de muntanyes formades al deformar-se les roques a causa d'un procés orogènic.

Paleocè: època del terciari 66-54 milions d'anys.

Procés de desmantellament: erosió dels relleus.

Rebliments: ompliment per sediments.

Replà: part subparalela d'un encavalcament.

Rifting: procés d'estirament de l'escorça terrestre, el qual produeix un aprimament de la mateixa, amb falles normals.

Subducció: procés on una placa litosfèrica penetra vers l'interior de la terra (mantell).

Tascó orogènic: teoria que explica que les muntanyes es formen com quan es prem amb una pala una muntanya de sorra.

Tethis: mar que hi havia quan els continents estaven units formant la Pangea.

Vergència: sentit cap on van les estructures tectòniques.