

CIÈNCIA

ANY III

REVISTA CATALANA
DE

JULIOL

NÚM. 21

CIÈNCIA I TECNOLOGIA

DE 1928

LA PALEOGEOGRAFIA DE LA MEDITERRANIA OCCIDENTAL, SEGONS LES IDEES D'ÉMILE ARGAND

FA totjust 45 anys que aparegué en el Butlletí de la Societat Geològica de França, una breu nota del geòleg francès Marcel BERTRAND, titulada "Rapports de structure des Alps de Glaris et du Bassin houiller du Nord". Sota aquest títol modestíssim s'amagava un avenç científic d'importància extrema: Marcel BERTRAND havia descobert la possibilitat que un plec de terrenys arribés a tombar-se horitzontalment i que una part d'ell fos empesa endavant, de manera que els terrenys antics anessin a cavalcar sobre d'altres de més moderns, amb la qual cosa quedaven explicats els recobriments anormals de Juràssic sobre Terciari, que havia observat anys abans a Escher.

Les idees de BERTRAND seguiren la trajectòria de tota teoria nova. Toparen, primer, amb l'escepticisme més gran, i únicament uns quants homes de gran vàlua, com HEIM i LUGÉON, a Suïssa; LÉVY, KILLIAN, HAUG i TERMIER, a França; FOURMARIER, a Bèlgica; SUESS, a Austria, i alguns altres, saberen veure llur magnitud. I gràcies a l'aplicació d'aquestes noves concepcions, la tectònica d'una muntanya començà a poder ésser posada en clar pels esmentats savis, els quals comprovaven la justesa de llurs interpretacions, derivades de l'estudi de la superfície del terreny, mitjançant pous i foradades. A Espanya, el primer a reconèixer i aplicar les idees de corriments fou ALMERA, en 1905, qui va ésser seguit per PALET i BARBA, en 1908, PACHECO i nosaltres, en 1913.

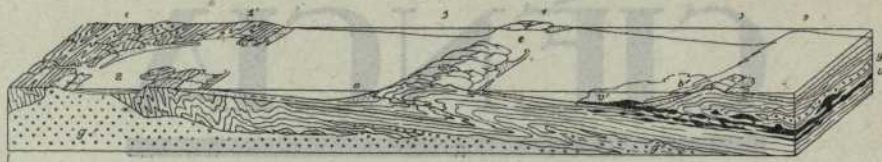


Fig. 1

Esquema del primer esbós de formació d'una serralada. S'hi veu com a mida que un plec fa sorgir del mar (2, 3 i 5), una serralada (4), l'erosió d'aquesta produeix sediments (b) que, a l'ensem, són plegats. El plegament s'origina per acostament de les masses continentals (6 i 1)
(De "La Tectonique de l'Asie", ARGAND)

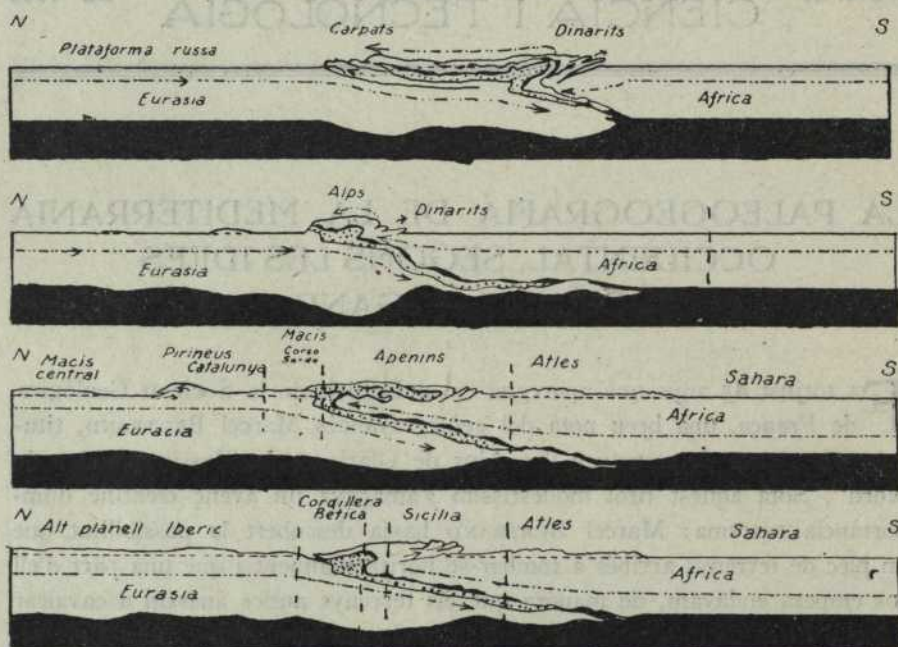


Fig. 2

Esquema del moment culminant de la pressió d'Àfrica sobre Europa en el transcurs del Nummulític. Les masses de Sima (en negre) pugen esbiaixadament al llarg de la zona de cavalcament d'un continent sobre l'altre. Els quatre talls paral·lels comprenen altres tantes zones de la Mediterrània d'Orient cap a Occident. En tots ells, els blancs representen les masses continentals afectades per plecs de fons; el puntejat indiquen els llocs on, posteriorment, s'han produït les distensions i disjuncions.

De l'obra d'ARGAND "Sur l'arc des Alpes Occidentales" 1916



Fig. 3

El mateix tall de la figura 2 B després de les disjuncions provocades per la deriva d'Europa cap al Nord

(De "Des Alpes et de l'Afrique". ARGAND, juny 1924)

A l'eminent SUESS correspon la glòria d'haver intentat la primera gran síntesi tectònica del món. La seva magistral obra "Das Antlitz der Erde", posa al nostre esguard, no solament l'estructura d'aquesta o aquella muntanya, sinó la relació de les unes amb les altres i la continuació dels mantells de recobriment a través de serres diverses, a l'ensem que fa ressortir la influència de les masses continentals en els jocs dels plecs. SUESS és, doncs, el segon escaló que ens acosta al coneixement de l'estructura de les muntanyes.

Paral·lelament al descapdellament de la tectònica, ha anat prenent cos, recolzada en una sèrie d'observacions geofísiques, la idea que a la Terra existeix, apart del nucli interior, probablement del tot rígid, una zona gairebé externa—que SUESS anomenà *Sima*—, la qual vindria a constituir una mena d'embolcall viscos de l'esmentat nucli central i suportaria la verdadera crosta terrestre integrada per les masses continentals, o sigui el *Sial*, el qual suraria sobre el *Sima*, d'una manera semblant a com sura un tros de gel sobre l'aigua. Aquesta comparació és ben grollera, car en dir que el *Sima* fóra viscos, no vol dir líquid, sinó més aviat plàstic; és a dir, com un sòlid susceptible de deformar-se, si bé molt lentament, sota l'acció de les pressions, tal com fa el lacre sotmès, a la temperatura ordinària, a pressió forta. Les roques volcàniques bàsiques és probable que siguin fragments de *Sima*. Aquesta idea, admesa avui com a hipòtesi molt versemblant per gairebé tots els geòlegs, implica la noció apuntada per WETTSTEIN, en 1880, i concretada quelcom més per PICKERING, en 1907, d'una probable mobilitat de les masses continentals. Aquest segon autor ha suposat que en els temps primaris, Amèrica del Sud i Àfrica formaven un sol continent, de manera que l'Atlàntic no fóra altra cosa que una fractura eixamplada d'aquell. Correspon a WEGENER l'ampli desenvolupament d'aquesta idea en 1915, en què publicà la primera edició de la seva obra, ja esbossada en 1912. Segons WEGENER, Amèrica continua a separar-se, encara, d'Europa-Àfrica, d'on prové allò que ell denomina una disjunció, en la qual el *Sial*, o crosta exterior, queda molt prim o desapareix del tot, el què és causa que les aigües del mar passin a recobrir una porció de *Sima* que els fa de fons. Segons WEGENER, quan dues masses continentals s'acosten una a l'altra, ocasionen una compressió dels sediments intermitjos, de la qual deriven plegaments i possibles aixècaments de serralades; en canvi, l'allunyament determina, com ja s'ha dit, una disjunció, per la qual s'aprima el *Sial*, amb formació d'una depressió que és, sovint, envaïda per una transgressió marina.

La tesi tectònica d'ARGAND s'ha anat desenrotllant paral·lelament a la de WEGENER i, a l'igual que aquest autor, ha arribat a una concepció mobi-

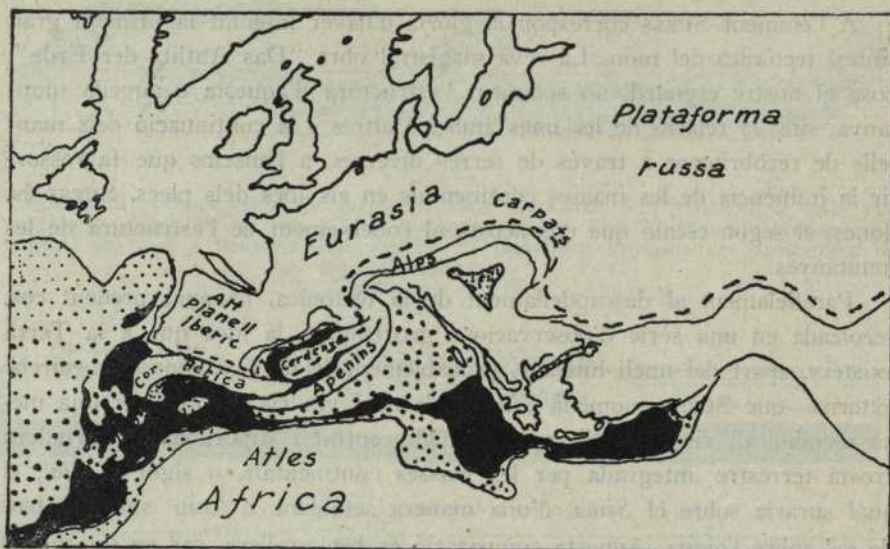


Fig-4

Mapa que representa el començament de les derives cap a l'Est, després de la fase de màxima compressió. El Sima o el Sial extremadament prim estan en negre. El Sial aprimat en puntejat i les masses continentals en blanc. La línia de punts representa la vora nord del continent Africà que ha quedat cavalcant sobre Euràsia. Noti's Còrsega i Serdenya situades entre Balears i Catalunya.

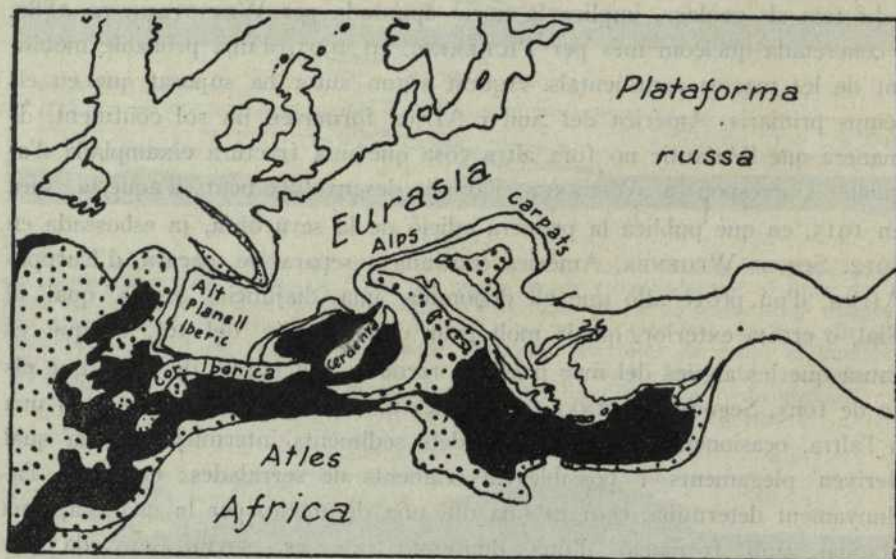


Fig-5

El mateix mapa a un temps més avançat. La notació és la mateixa. Itàlia i el massís corso-sard continuen llur deriva cap a l'Est, per tal d'acostar-se a llur situació actual.

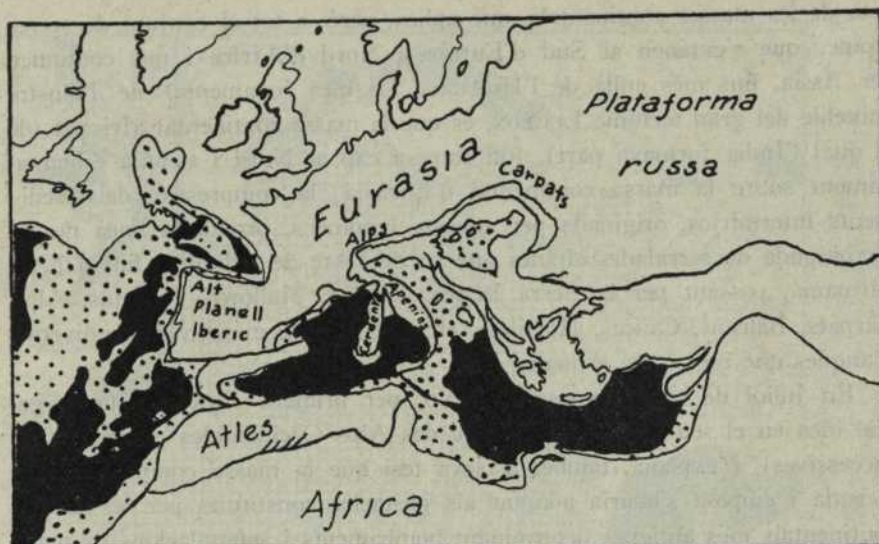


Fig-6

El mateix mapa en ple període miocèn, en què Itàlia i Còrsega quasi ocupen la posició actual. Una nova compressió d'Àfrica sobre Euràsia ha produït l'Arc muntanyenc de Gibraltar

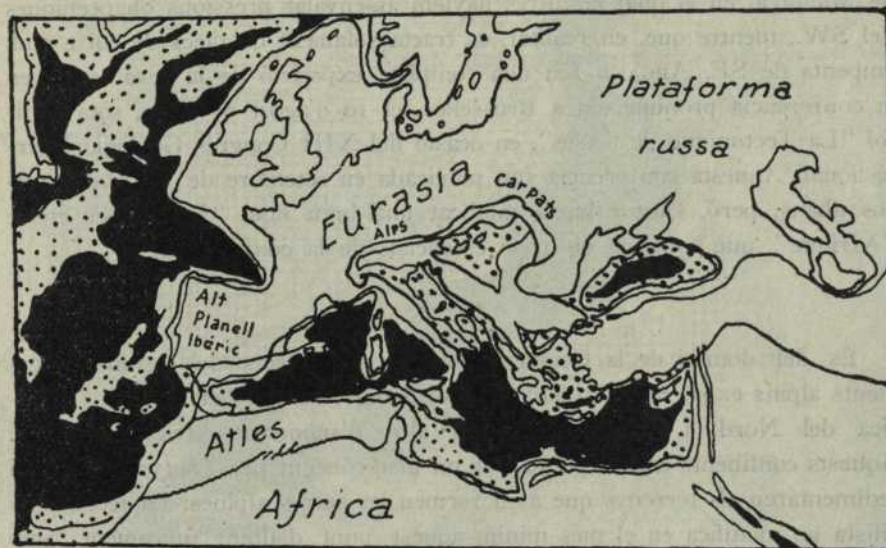


Fig-7

Encara el mateix mapa, però ja en els temps quaternaris, en què una nova disjunció ha trencat l'Arc de Gibraltar i ha originat l'Estret. La Mediterrània ja té la forma actual més o menys marcada; existeix la gran depressió que avui forma la plana d'Hongria

(Fig. de M. ARGAND, de "La Tectonique de l'Asie", amb algunes lleugeres modificacions introduïdes en vistes a la vulgarització de les idees del gran tectònic.)

lista de les masses continentals, que aplica, però, a tot el conjunt de serres alpines que s'extenen al Sud d'Europa i Nord d'Àfrica i que continuen per Àsia, fins més enllà de l'Himalaia. La idea fonamental de l'illustre deixeble del gran tectònic LUGÉON, és que la massa continental africana (de la qual l'Índia formava part), fou empesa cap al Nord i s'enfilà esbiaixadament sobre la massa continental d'Euràsia; la compressió dels sediments intermitjos, originada per aquests fenòmens, produí la línia no interrompuda de serralades alpines que va de l'Arc de Gibraltar fins a l'Arc Birmanià, passant per la Serra Bètica, Eivissa, Mallorca, Apenins, Alps, Càrpats, Balcans, Caucas, Himalaia, etc., i continua, més enllà, en diverses branques que no cal ací esmentar.

En juliol de 1916, exposà ARGAND, per primera vegada, aquesta genial idea en el seu treball "Sur l'Arc des Alps Occidentales" (pàgs. 166 i successives), i explanà, també, la seva tesi que la massa comprimida replegada i empesa s'hauria adaptat als obstacles constituïts per les masses continentals més antigues determinant bombaments i acumulacions de matèria en certs indrets i encurbaments de les serralades amb formació de plecs transversals—que l'autor denominà, molt justament, *plecs de colze*—que similen pressions falses. És, precisament, el cas de la Serra de Llevant de Mallorca, en la qual nosaltres havíem assenyalat pressions oligocèniques del SW., mentre que, en realitat, es tracta solament de plecs de colze amb empena de SE. ARGAND féu una completa exposició de la seva teoria en la conferència pronunciada a Brusselles, el 10 d'agost de 1922, sota el títol "La Tectonique de l'Asie", en ocasió del XIII Congrés Geològic Internacional. Aquesta conferència fou publicada en setembre de 1924; dos mesos abans, però, l'autor havia publicat una breu nota "Des Alpes et de l'Afrique", que contenia els trets essencials de la conferència.

* * *

És del domini de la Geologia clàssica que abans dels grans plegaments alpins existí un continent dit Nordlàndic, format per Europa i Amèrica del Nord, i, cap al Sud, un altre d'anomenat Africano-Brasiler. Aquests continents eren separats per un mar conegut per *Thetys*, en el qual sedimentaren els terrenys que avui formen les serres alpines. La teoria mobilista no modifica en el més mínim aquest punt d'albir; únicament, amb aquella, els continents resulten més estrets en el sentit de la latitud, degut a què, segons les idees mobilistes, en passades èpoques, haurien estat unides les parts europees i americanes de les dues masses continentals Nordlàndica o Europea i Africano-Brasilera—aquesta darrera coneguda, també, sota el nom de Gondwània o Indo-Africa—.

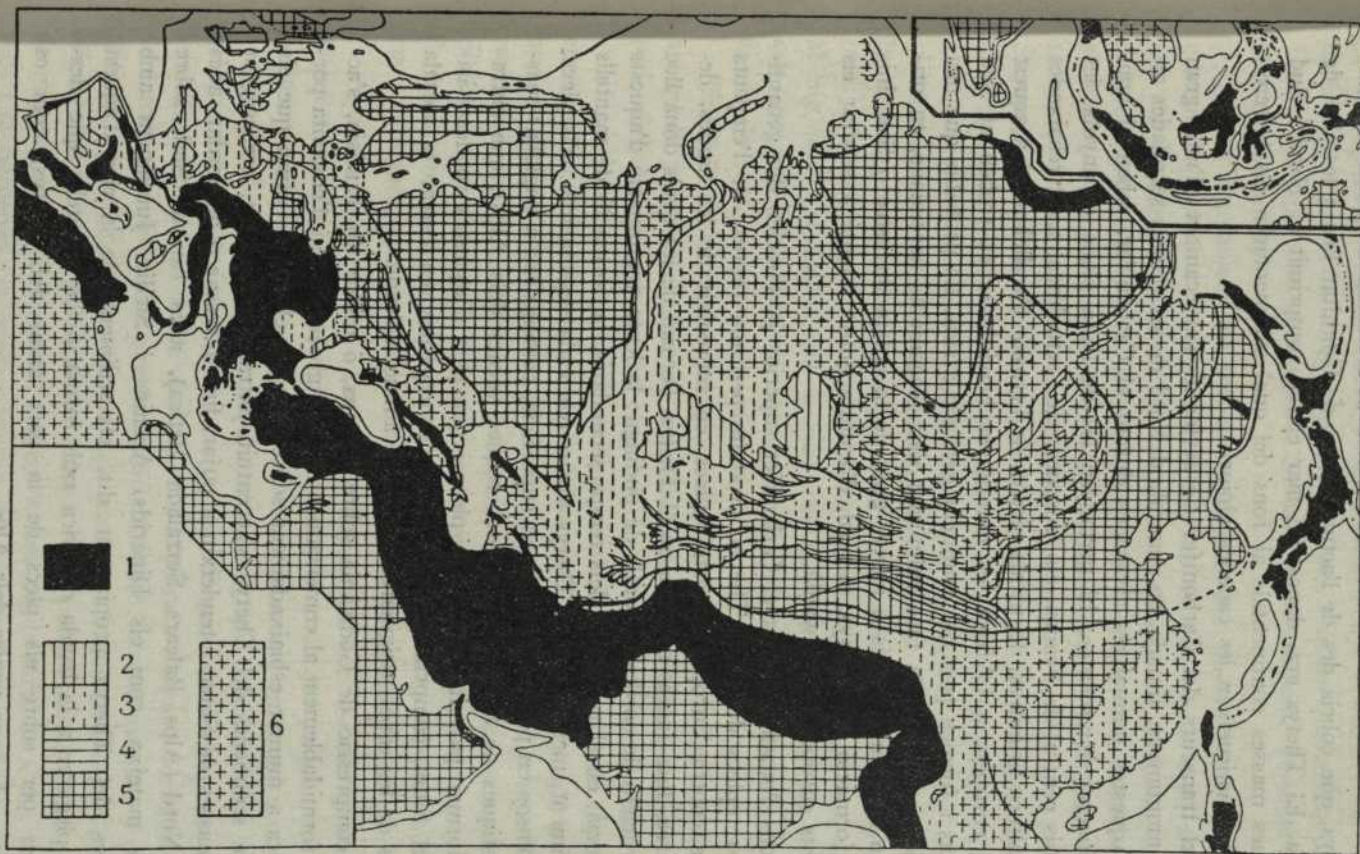


Fig. 8

Esquema sintètic de la tectònica de Gondwània i Euràsia segons ARGAND. ("La tectonique de l'Asie").
 Núm. 1: Serralades geosinclinals Alpines; Núm. 2: Plecs de fons amb removiment d'antics plecs hercínians; Núm. 3: El mateix, però d'edat hercíniana no comprovada; Núm. 4: Idem d'edat caledoniana; Núm. 5: Idem, pre-càmbrics; Núm. 6: Material pre-alpí en general

En certa manera, la Mediterrània d'avui és el residu desplaçat de l'antic Thetys, que cobria des de l'actual Estret de Gibraltar fins a les Illes de la Sonda. El Thetys era, doncs, un mar estret, comprimit al Nord i Sud entre dues masses continentals al fons del qual sedimentaren els terrenys que avui constitueixen les cadenes alpines.

En el transcurs del Carbonífer s'esdevingué l'aixecament d'una gran àrea de muntanyes, situada, en general, al Nord de les actuals serralades alpines. Aquestes muntanyes aixecades durant el Carbonífer, reben el nom de *muntanyes hercinianes*; hi pertanyen les de l'alta plana espanyola, les del massís central de França, els Vosgues, etc., actualment molt rebaixades de llur altura primitiva, degut als efectes de l'erosió. Parallelament a aquest conjunt europeu, a l'Àfrica les muntanyes hercinianes es troben al Sud de l'Atlas i formen part del continent geològic africà. És probable que una disjunció posterior a la fase culminant dels plegaments hercinians, en originar un aprimament més o menys gran de la crosta terrestre o Sial, iniciés la formació del Thetys, el qual, d'aquesta guisa, vingué a separar els continents europeu i gondwanià.

Segons ARGAND, durant el Carbonífer superior ja s'inicien dos geoanticlinals o replecs dintre el Thetys, produïts per una represa de l'empenta d'Àfrica contra Europa; aquests replecs, en sobreeixir de les aigües, determinaren dues faixes de terra en el Thetys, l'erosió de les quals donà lloc a la formació de cordons litorals de pudinga; la lenta accentuació d'aquests plecs inicià, en el transcurs dels temps secundaris, la formació de mantells de corriment, mentre que el Thetys s'estrenyia cada vegada més. Els plecs, més intensos en profunditat que en superfície, començaren a englobar masses plàstiques de Sima (les famoses roques verdes dels Alps), que entraren a formar part integrant dels plecs i una part d'aquestes roques bàsiques del Sima, comprimides pels esforços orogènics, en cercar la sortida a través de les capes, originaren lacòlits i, àdhuc, volcans.

La compressió de Godwània sobre Europa, o millor dit Euràsia, s'accentuà formidablement al començament de l'Oligocèn, en què l'empenta portà Àfrica a muntar esbiaixadament sobre Europa, el què és causa que els plecs de sediments del Thetys s'accentuin extraordinàriament, arrossegant grans masses de Sima, i tendeixin a pujar, fins a vessar o desbordar, adés cap al Nord (Alps, Balears, Serralada Bètica), adés cap al Sud, sobre l'Àfrica mateixa, com els Dinàrids, Apenins i Sicília. Juntament amb els plecs del Thetys pròpiament dit, els sediments de la riba d'aquest mar es plegaren a la banda d'Àfrica amb formació de mantells que desbordaren per sobre els plecs de la part axial del Thetys, com es pot veure a la zona pènica dels Alps.

El contracop d'aquesta formidable pressió atenyé el massís hercinià, on es formaren plecs de força importància—que ARGAND denomina plecs de fons—i que, per llur accentuació, arribaren a determinar vertaders mantells de corriment.

Aquest aixecament del conjunt dels plecs del Thetys convertí l'emplaçament d'aquest mar en terra ferma que uní el què ara és Africa amb el què ara és Europa i permeté les formacions lagunars de Mallorca, amb indubtable comunicació amb la terra ferma del continent. En aquesta època, el límit dels sediments del Thetys en la massa continental d'Euràsia, passava per la banda d'Àfrica com mostra el mapa de la fig. 4, pel Sud de Sierra Morena, i es dirigia vers el Nord de les Balears, seguint la direcció d'una línia paral·lela a aquestes illes, mentre que entre elles i Catalunya quedava una massa continental europea que es plegava en plecs de fons, visibles avui en el massís corso-sard i a Catalunya, on el nostre estudi de les muntanyes de Sabadell ens ha portat a considerar les dues cadenes costeres catalanes com a dos complexos anticlinals de fons amb un sinclinal al mig que és el Vallès, amb la qual cosa queda eliminada la idea de fossa que fins avui havia dominat. ARGAND considera els Pirineus com una serralada de fons exclusivament europea.

Una part de l'energia esmerçada en aquest formidable fer i desfer, fou absorvida per l'aixecament de les serralades, mentre que una certa restitució d'aquesta energia produí els plecs de fons de què hem parlat.

En restablir-se l'equilibri, s'inicia una deriva de la massa continental europea cap al Nord, que tracta d'arrossegar la massa continental africana, que, en part, li cavalca sobre. Però l'avenç d'aquesta darrera topa amb la resistència del Sima sobre del qual sura, d'on s'origina un estirament del Sial que s'aprima en els llocs de menor resistència, i d'aquest aprimament deriva la formació de depressions que, en certs indrets, són envaïdes pel mar Aquitània, mentre que el mar Burdigalià en recobreix la generalitat.

Aquestes distensions i consecutives disjuncions són les que modelen la forma actual de la mar Mediterrània; el bloc format pel plegat conjunt de sediments del Thetys i sediments africans és trencat en fragments diversos, de guisa grollerament comparable a com es trencaria un bloc de gel que, soldat per un extrem a una massa de gran resistència, fos estirat lentíssimament per la banda oposada. Per seqüència d'aquest formidable joc de forces, tot canvia com una decoració de teatre: la zona europea, al nord de Balears, que comporta un extrem dels mantells africans de Balears (mantells oligocènics) va girant sobre el seu extrem NE. i passa a constituir, en atènyer un grau suficient de separació, l'actual massís cordo-sard, és a dir, la Còrsega i la Sardenya; la banda africana del sud de Balears, compresa entre

aquestes i la massa rígida de Gondwània, gira també i es desplaça, passant a constituir l'Apení i la seva prolongació de Calàbria i Sicília. Finalment, la mateixa disjunció determina l'accentuació de la corba iniciada a la part occidental dels piegaments bètics, la qual cosa produeix l'arc de Gibraltar, la part del Sud del qual (serralada rifenya) més endavant s'acostarà cap al Nord.

L'estudi que ara tenim en publicació a Madrid, i que es refereix a la tectònica de la comarca sabadellenca, planteja una petita diferència de detall a la teoria d'ARGAND. És veritat que l'autor diu—i té raó—que la seva tesi la formen idees generals que han d'emmotllar-se a cada una de les noves concepcions geològiques que es descapdellin; i, per consegüent, la teoria pot variar en els seus detalls, tot restant íntegres els trets essencials. Les meves recerques de Sabadell, en posar de manifest l'existència de grans plecs postburdigalians, resultants, indubtablement, dels contracops de les pressions bètico-balears, impliquen l'existència en aquesta època del massís continental que unia Catalunya i Mallorca, mentre que, segons ARGAND, ja hauria començat a derivar cap a Llevant. Cal, doncs, admetre que aquesta deriva s'hauria iniciat més tard del temps que l'eminent mestre indica.

El mar Burdigalià envaí, com hem dit, les zones sotmeses a les distensions i, àdhuc, parts no disteses que recobrien corriments oligocènics com és el cas de Mallorca; la zona de terra compresa entre el què avui és Mallorca i Catalunya, en girar cap a Llevant per constituir Còrsega i Sardenya, permeté l'entrada del mar dins la depressió del Penadès, part baixa d'un plec de fons oligocènic que s'accentuà durant l'època postburdigaliana.

Al final del Burdigalià, les distensions acàben i torna a produir-se una fase compressiva, per seqüència del predomini de l'empenta d'Àfrica sobre un retard de la deriva d'Europa cap al Nord; els mars, a l'Helvecià inferior, es fan menys profunds, i comencen a formar-se nous plecs que afecten les capes plegades durant l'Oligocèn i acaben els corriments bètics. Aquestes pressions originen els corriments de les illes de Mallorca i Eivissa i acosten cap al Nord la branca corbada de la serralada bètica, la qual cosa converteix el primitiu Arc en una espècie d'U tombada, la branca Nord de la qual és la serralada bètica, i el braç de migjorn les serres del Rif. La unió entre aquestes dues serralades que avui són separades per l'Estret de Gibraltar, inexistent aleshores, s'efectuava mitjançant una barrera muntanyenca encorbada, la qual, en el mateix actual emplaçament de l'Estret, tancava la nova mar Mediterrània, que després de les disjuncions oligocèniques havia substituït el Thetys. Els efectes compressius es prolonguen fins

al mateix Pontià, en el Miocèn superior i fins el començament del Pliocèn, en què s'inicia una nova distensió més moderada.

Aquesta distensió pliocènica té conseqüències de força importància. En primer lloc, s'accentua novament el moviment dels massissos corso-sard i apeninic; el Rif i la Serralada Bètica tendeixen a separar-se i s'opera la ruptura de l'arc de Gibraltar amb la subsegüent formació de l'Estret, mentre que a la Mediterrània oriental, en accentuar-se la disjunció es produeix el Bòsfor i, més enllà, la Mar Negra i, cap al Sud, la Mar Roja. En aquest interregne, les compressions pliocèniques originen el plegament de certes capes dipositades amb posterioritat als moviments pirenenics (oligocènics) i alpins (postburdigalians) i es formen el què ARGAND denomina plecs de cobertura; tals són, per exemple, els plecs del Vindobonià, de Mallorca, i els plecs del Pontià del Vallès-Penadès. En general, els plecs de cobertura són poc marcats i formen ondulacions d'eix vertical i de gran radi.

Durant els temps quaternaris, la Mediterrània era gairebé idèntica a com és en l'actualitat; únicament és possible que existís una unió de les Balears amb la Península. No obstant, el fet de trobar-se un gènere nou de cabra, el *Myotragus Balearicus* (Bate), així com una sèrie d'espècies vivents de coleòpters exclusius de Mallorca, fa pensar en un isolament de l'illa ja des dels temps pliocènics; isolament que hauria pogut determinar branques filogèniques especials derivades dels ancestres del Miocèn superior o del Pliocèn mateix.

B. DARDER i PERICAS

Professor de l'Institut Nacional de
Tarragona