

Tesi doctoral presentada per En/Na

**Eduard ROCA I ABELLA**

amb el títol

**"L'estructura de la Conca Catalano-balear:  
paper de la compressió i de la  
distensió en la seva gènesi"**

per a l'obtenció del títol de Doctor/a en

GEOLOGIA

Barcelona, 19 de març del 1992.

**Facultat de Geologia  
Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia**



UNIVERSITAT DE BARCELONA



### III-4.2.2: Àrees submergides del domini bètico-balear

Les hipèrboles i sorolls generats per les estructures contractives neògenes i la poca definició en profunditat que presenten les línies sísmiques de reflexió, donen lloc a que l'estructura paleògena de les àrees submergides del domini bètico-balear no s'hagi estudiat fins a l'actualitat. En aquest treball, l'anàlisi de les línies sísmiques disponibles, mostra que l'estructuració preneògena d'aquestes àrees arriba a ser localment reconeixible a les parts més meridionals del solc de València. En aquests sectors, l'estructura compressiva neògena es caracteritza per un seguit d'encavalcaments espaiats de petit salt ( $\ll 5$  km), entre els quals la deformació va ser poc important. És en aquests darrers sectors, on s'han pogut reconèixer les característiques estructurals del substrat preneogen.

Constituint per un Mesozoic força potent ( $>2000$  m) que presenta una fàcies sísmica llitada de freqüència irregular, en aquests darrers sectors, s'observa que, per sota de la discordança basal del rebliment de la Conca Catalano-balear, el substrat preneogen (Mesozoic) es disposa lleugerament basculat i que només, i de forma local, és afectat per sinclinals molt laxos que s'orienten aproximadament NE-SW (fig. 138). L'edat de formació d'aquests plecs pot ser des de cretàcia superior fins a burdigaliano-languiana, ja que aquestes són respectivament les edats de les roques més modernes afectades i de les més antigues datades sobre la discordança. Dins d'aquest interval de temps, les marcades similituds geomètriques entre aquests plecs i els desenvolupats durant l'Oligocè superior a les àrees més pròximes emergides (Bètiques orientals i Eivissa) semblen indicar que els plecs descrits a mar, es deurién desenvolupar també durant l'Oligocè superior.

### III-4.2.3: Model estructural

La intensa deformació postpaleògena, conjuntament amb la poca quantitat de dades estructurals disponibles fa que sigui força difícil definir un model regional per a l'estructuració paleògena del domini bètico-balear. Tanmateix, a partir de les dades estructurals recopilades i de les característiques de les successions i discontinuïtats majors paleògenes (vegeu apartat II-4), es pot deduir que l'estructuració paleògena d'aquest domini presenta les següents característiques generals:

1) La deformació paleògena va ser predominantment de tipus compressiu. Només a les Bètiques orientals i en l'interval que va des del Cretaci superior fins a l'Oligocè, les successions paleocenes i eocenes semblen estar lligades a falles extensives que denoten una continuació de les condicions geodinàmiques que imperaven durant el Cretaci.

2) Les úniques estructures tectòniques reconegudes d'edat clarament paleògena són de tipus contractiu. En tots els sectors diferenciats, s'han observat plecs i/o encavalcaments que, afectant el Mesozoic i el Paleogen (quan aquest hi és present), són fossilitzats per la discordança pre-rebliment de la Conca Catalano-balear. Encara que a les Serres de Llevant s'orienten NW-SE a N-S, aquests plecs i encavalcaments presenten una orientació preferent ENE-WSW a NE-SW i una vergència clara al NW.

3) L'inici de la deformació contractiva no va ser isòcrons a tot el domini, sinó que mentre a les Balears sembla ser que es va produir en l'interval Cretaci superior-Eocè mitjà, a les Bètiques orientals les primeres manifestacions contractives no van tenir lloc fins al trànsit Eocè-Oligocè.

4) L'estructuració paleògena del domini bètico-balear, és el resultat de la superposició de dos períodes deformatius amb característiques ben diferenciades: un primer d'edat paleocena-oligocena inferior i un segon oligocè superior.

#### *Paleocè-Oligocè inferior.*

Aquesta etapa, de caracter heteròcron quant al seu inici (vegeu punt 3) ve enregistrada per una sèrie de discontinuïtats majors, entrades de terrigens grollers i, a les illes Balears, un marcat canvi de la polaritat sedimentària que reflecteix una inversió del relleu de l'àrea del solc de València. En conjunt, aquestes dades denoten una estructura caracteritzada per plecs molt laxos que generen l'aixecament de les àrees prèviament deprimides i, almenys al NW de Mallorca, per la inversió progressiva de les falles que limitaven al SE la cubeta mesozoica de les Columbrets. Desenvolupada en un context regional compressiu i amb una clara propagació de la deformació de N a S, aquesta etapa s'ha associat a les deformacions contractives pirinenques que a través de la Península Ibèrica migren en el mateix sentit (vegeu subapartat III-3.2).

*Oligocè superior.*

Associada a una discordança que és present a tot el domini, a aquesta etapa pertanyen la major part de les estructures tectòniques observades. La seva distribució espacial denota que la deformació oligocena superior va ser màxima al SE del domini, on es van desenvolupar encavalcaments, i mínima en els sectors més nordoccidentals, on només hi ha, de forma esporàdica, plecs molt laxos. Aquest increment de la deformació de NW a SE, conjuntament amb la vergència generalitzada dels plecs més apretats cap al NW, indica que l'estructuració oligocena superior va venir generada per l'edificació d'un sistema contractiu que, vergent cap al NW s'esmoreia en el mateix sentit. Si a aquest fet hi adjuntem la similar orientació que presenten aquestes estructures amb les que tenen superposades d'edat miocena inferior-mitjana, sembla força raonable pensar que l'estructuració oligocena superior estaria directament relacionada amb les primeres etapes de l'edificació del Sistema Bètico-balear.

### III-4.3: ESTRUCTURA OLIGOCENA TERMINAL-MIOCENA MITJANA DEL DOMINI BÈTICO-BALEAR

Com ja s'ha indicat, dins de l'estructuració neògena del domini bètico-balear es poden distingir clarament dues etapes que mostren el desenvolupament d'estructures tectòniques de característiques geomètriques i cinemàtiques força diferents. Així, la primera etapa ve definida com el període sincrònic al rebliment de la Conca Catalano-balear, en el qual es generen estructures predominantment contractives, i la segona etapa, com el període consecutiu a l'anterior en què les estructures actives només són de caracter extensiu.

Dins d'aquesta subdivisió, en aquest subapartat s'analitzen les estructures generades a l'àmbit del domini bètico-balear durant la primera d'aquestes etapes. Concretament es descriuen les estructures desenvolupades en l'interval de temps comprès entre l'inici del rebliment de la Conca Catalano-balear (Oligocè terminal-Aquitanià) i la fi de la deformació contractiva lligada a l'edificació del Sistema Bètico-balear (Miocè mitjà). L'edat concreta d'aquest últim esdeveniment varia d'un sector a altre del domini; així, mentre a l'illa de Mallorca l'estructuració contractiva va finalitzar en el trànsit Languià-Serraval·lià (FALLOT, 1922; MATAILLET i PECHOUX, 1978; POMAR *et al.*, 1983a), a les Bètiques orientals, l'acabament de la deformació contractiva no es va produir fins al Serraval·lià superior-Tortonià basal (BOUSQUET, 1979; SANTISTEBAN *et al.*, 1987).

L'estructuració contractiva oligoceno terminal-miocena mitjana del domini bètico-balear reflecteix una accentuació dels processos geodinàmics durant l'Oligocè superior com a conseqüència de l'inici del moviment convergent entre el conjunt Ibèria-Euràsia i la placa africana. Amb una taxa de convergència entre Euràsia i Àfrica més o menys constant, l'origen d'aquesta accentuació sembla estar estretament relacionada amb el progressiu aturament del moviment convergent entre Ibèria i Euràsia i la seva substitució per la convergència entre Ibèria-Euràsia i Àfrica (ROCA *et al.*, 1990a). En efecte, la soldadura Ibèria-Euràsia, tal com mostra la finalització de l'emplaçament de les unitats encavalcants del sistema contractiu de l'orogen pirinenc, no va ser instantània, sinó que, iniciada a l'Oligocè inferior, es va perllongar encara que cada vegada més atenuadament fins al Miocè inferior (ANADÓN *et al.*, 1989d). Considerant que la taxa de convergència entre Euràsia i Àfrica no va presentar gran variacions durant aquest període (DEWEY *et al.*, 1989), aquesta atenuació implica que el moviment convergent del límit Ibèria i Àfrica es va anar accentuant progressivament des de l'Oligocè inferior fins al Miocè inferior, moment a partir del qual la convergència es resolldria exclusivament en aquest límit.

En aquest nou marc regional, on la convergència passa a solucionar-se predominantment mitjantçant la subducció d'Àfrica sota Ibèria (SPAKMAN, 1986), a la part meridional i sudoriental de la Península Ibèrica, es va edificar el sistema d'encavalcaments de l'orogen bètic. Aquest sistema, que inclou la Serralada Bètica en sentit estricte i el domini bètico-balear de la Conca Catalano-balear, és format principalment per l'apilament de diverses unitats encavalcants que es van emplaçar de S a N i d'E a W, en l'interval Oligocè superior-Miocè superior (per una descripció més acurada de l'orogen vegeu subapartat I-4.2).

Formant part, per tant, de l'orogen ENE-WSW de les Bètiques, l'estructuració oligoceno terminal-miocena mitjana del domini bètico-balear es caracteritza pel desenvolupament d'un sistema d'estructures contractives. Aquestes estructures, que s'orienten preferentment ENE-WSW, denoten, a l'igual que a la resta de les Bètiques, una atenuació de la deformació des de les parts més internes (SE) cap a les més externes (NW) del domini. Mentre les àrees més sudorientals del domini estan estructurades en un sistema de làmines d'encavalcament amb desplaçaments pluriquilomètrics; més al NW, i de forma progressiva, el desplaçament de les làmines disminueix considerablement, de manera que, finalment, a les àrees més nordoccidentals, l'estructuració neògena inferior es caracteritza predominantment per plecs vergents al NNW.

Aquesta disminució de la deformació contractiva cap al NNW fa que, en les sectors més sudoccidentals de la Conca Catalano-balear, el pas de les zones deformades contractivament (domini bètico-balear) a les no deformades (domini catalano-valencià) es realitzi mitjançant un gradual esmoreïment de l'estructuració contractiva: els plecs i encavalcaments disminueixen de magnitud fins arribar a ser imperceptibles. En aquestes àrees poc deformades, s'observa que, prèviament a la formació de les estructures contractives, es van desenvolupar durant el Miocè inferior estructures extensives (falles i diapirs) de característiques similars a les del domini catalano-valencià. La combinació d'aquests dos processos origina que sigui, moltes vegades, força difícil determinar un límit nordoccidental exacte de l'estructuració contractiva neògena, i per tant del domini bètico-balear (vegeu subapartat III-2 i fig. 82).

La prolongació o acabament nordoriental del Sistema contractiu Bètico-balear al NE de l'illa de Mallorca, ha estat des de principis de segle objecte d'una gran controvèrsia que ha quedat reflectida en la postulació de diverses hipòtesis. En funció de si inclouen o no l'illa de Menorca dins del Sistema contractiu Bètico-balear, aquestes hipòtesis poden agrupar-se en dos grans grups: les que consideren que el Sistema Bètico-balear es prolonga fins al NE de Menorca (FALLOT, 1948; PARÉS *et al.*, en premsa), i les que situen el límit del sistema contractiu entre Mallorca i Menorca (SUESS, 1888-1909; AZÉMA *et al.*, 1974; MAUFFRET, 1976; FOURCADE *et al.*, 1977; CHAUVE *et al.*, 1978). En aquest darrer grup i segons la majoria de les hipòtesis més recents (FOURCADE *et al.*, 1982), l'illa de Menorca correspondria a un bloc de l'avantpaís bètic que s'hauria desplaçat uns 70 km cap al SE al llarg d'una falla direccional NW-SE que se situaria entre Mallorca i Menorca (MAUFFRET, 1976).

### III-4.3.1: Àrees emergides del domini bètico-balear

Excluída l'illa de Formentera pel fet que en ella només afloren roques d'edat postmiocena mitjana (RANGHEARD, 1971), en aquest subapartat es descriuen les estructures oligoceno terminal-miocenes mitjanes de les illes de Mallorca, Cabrera i Eivissa, i de la porció més oriental de la Serralada Bètica. Concretament, en aquesta última àrea s'han analitzat, amb dades en gran part bibliogràfiques, les estructures situades aproximadament a l'est d'una hipotètica transversal que des de Benidorm fins a Cofrentes passés per les rodalies de les poblacions d'Alcoi i Ontinyent. A nivell cortical, aquestes zones emergides del domini bètico-balear se situen en les àrees on l'escorça continental, actualment, és més gruixuda. Aixó és, en el marge peninsular (Bètiques orientals) i al llarg de les parts centrals del Promontori Balear (Illes Balears).

A excepció de les parts més externes de les Bètiques orientals, on s'han observat fosses miocenes inferiors limitades per falles normals ENE-WSW i NNW-SSE, a la resta del domini emergit, les estructures oligoceno terminal-miocena mitjanes són plecs, encavalcaments i falles direccionals. Aquestes estructures contractives, encara que a les Serres de Llevant de Mallorca mostren una direcció principal NW-SE (fig. 139), s'orienten paral·lelament al límit del Sistema Bètico-balear, és a dir NE-SW a ENE-WSW. Localment, en aquests sectors amb plecs i encavalcaments orientats NE-SW, si bé molt menys desenvolupats, també hi ha estructures contractives N-S i NW-SE que es distribueixen al llarg de franges de la mateixa orientació.

Els darrers estudis estructurals duts a terme en les diferents parts de les àrees emergides del domini, postulen que aquestes estructures contractives es van generar com a conseqüència d'un sistema d'encavalcaments que va anar propagant-se cap al NW (SÀBAT *et al.*, 1988; CASAS *et al.*, 1990; GUEZOU *et al.*, 1991; GELABERT *et al.*, en premsa) Segons aquests models, les estructures N-S a NW-SE, que es troben principalment desenvolupades a les parts més sudorientals del domini, correspondrien a rampes laterals i oblíquies d'encavalcaments o falles de transferència compressives ("tear-faults"). Dins d'aquest sistema compressiu, tal com ja s'ha esmentat, la deformació contractiva disminueix de sud-est a nord-oest. Aquesta disminució és clara a les Bètiques orientals, on s'observa que mentre les àrees més sudorientals estan estructurades en un sistema d'encavalcaments que tenen desplaçaments superiors als 5 km, a les àrees més nordoccidentals (Prebètic de València) la deformació contractiva queda únicament reflectida per plecs vergents al NNW i, localment, encavalcaments amb un salt generalment inferior als 2 km.

La descripció de la geometria i evolució cinemàtica de les estructures desenvolupades al llarg de l'Oligocè terminal-Miocè mitjà a les àrees emergides del domini bètico-balear, s'ha efectuat agrupant les estructures per àrees geogràfiques. L'adopció d'aquesta subdivisió, que estructuralment pot semblar força incoherent (s'arriben a separar àrees amb característiques similars), és deguda a la disposició geogràfica actual d'aquestes àrees en un sector peninsular i varies illes molt separades entre si (fig. 81). Aquesta disposició geogràfica, conjuntament amb la complexa estructuració del domini, fa que sigui normalment molt difícil correlacionar les estructures o fases deformatives observades a les diferents àrees aflorants; i, per tant, definir dominis o sectors estructurals que englobin més d'una d'aquestes unitats geogràfiques. Així, a l'hora de descriure les estructures, s'han separat les següents unitats

geogràfiques: illa de Mallorca, illa de Cabrera, illa d'Eivissa i Bètiques orientals (sector peninsular del domini).

## ILLA DE MALLORCA

La morfologia i estructura actual de l'illa de Mallorca és principalment el resultat del moviment normal, durant el Miocè mitjà-Quaternari, d'un seguit de falles NE-SW que originen la compartimentació de l'illa en un conjunt horsts i grabens orientats en el mateix sentit (fig. 139) i que es corresponen respectivament amb les serres i planes de la morfologia actual de l'illa (POMAR, 1979). Dins d'aquest dipositiu geomètric, en estar les fosses reblertes per successions postmiocenes mitjanes, l'estructura premiocena mitjana només s'ha pogut analitzar en els horsts que no han estat recoberts per sediments postmiocens mitjans. Aquests horsts que configuren les tres alineacions muntanyoses de l'illa són de SE a NW: les Serres de Llevant, els relleus de Randa-Sineu-Bonany i les Serres de Tramuntana. La manca de continuïtat de SE a NW dels afloraments premiocens mitjans, conjuntament amb les diferències estructurals entre cadascun d'aquests conjunts de serres, ha estat l'origen, tal com es veurà més endavant, de les dificultats que s'han plantejat des de finals del segle passat per postular un model deformatiu comú per a tota l'illa de Mallorca.

### Estructura

Les anàlisis estructurals realitzades en aquestes serres mostren que l'estructuració oligoceno terminal-miocena mitjana, en el conjunt de l'illa, va ser de caràcter compressiu amb la formació i desenvolupament de plects, encavalcaments i falles direccionals (fig. 139). Les característiques geomètriques d'aquestes estructures contractives, tanmateix, són diferents a les tres alineacions muntanyoses definides. En conseqüència, la descripció de l'estructura contractiva de l'illa s'ha abordat de forma separada per a cadascuna d'aquestes àrees, per passar més endavant a exposar les característiques generals de l'estructura contractiva de l'illa que es desprenen de la combinació de les dades dels tres sectors.

#### *Serres de Llevant.*

Localitzades arran de la costa SE de Mallorca, l'estructura d'aquestes àrees ve marcada, principalment, per la presència d'un sistema d'encavalcaments i plects que, en superfície, presenten una traça amb una orientació molt variable (fig. 140; SÀBAT, 1986). Aquest sistema d'encavalcaments i plects, que involucra materials que van des del Triàsic superior fins al Burdigalià superior, està desenganxat a nivell de les successions lutítico-evaporfítiques del Keuper i presenta una clara disposició imbricada (fig. 141). La direcció d'imbricació, deduïda a partir de criteris cinemàtics (clivatge, plects, etc) és molt variable, si bé, generalment, s'observa que les unitats encavalcants s'imbriquen cap al NE i cap al SW (SÀBAT, 1986; CASAS i SÀBAT, 1987). Aquesta disposició és visible en els mapes de rampes d'encavalcament de l'àrea i en els tallis geològics compensats realitzats per SÀBAT (1986), els quals mostren (fig. 141) que les Serres de Llevant estan estructurades en varies làmines d'encavalcament imbricades que, a excepció de cap al SE, encavalquen en totes direccions. Per altra banda, les relacions



geomètriques i estratigràfiques que s'observen entre les diferents làmines, mostren que mentre els encavalcaments més inferiors es disposen en una seqüència de propagació de tipus coll-i-bé, les superiors es van propagar fora de seqüència (SÀBAT, 1986).

Aquests encavalcaments que presenten un seguit de plecs genèticament lligats tant a la formació (rampes) com al desplaçament dels encavalcaments (plecs d'arrossegament), tallen i són tallats, en les àrees NE del sistema, per falles subverticals NW-SE de longituds pluriquilomètriques que s'han desplaçat en sentit direccional. Segons SÀBAT (1986) i SÀBAT *et al.* (1988), aquestes falles serien sincròniques amb el desenvolupament del sistema d'encavalcaments i correspondrien a falles del tipus "tear-fault".

La presència d'estructures vergents cap al NW i cap al NE i SW, ha originat que tradicionalment (DARDER, 1925a) s'hagués interpretat l'estructura de les Serres de Llevant com el resultat de dues fases tectòniques: una primera compressiva NE-SW d'edat oligocena i una segona NW-SE miocena lligada a l'emplaçament de les unitats encavalcants de les Serres de Tramuntana. Aquestes hipòtesis, que impliquen que les estructures NW-SE són anteriors a les NE-SW, han estat refutades recentment per SÀBAT (1986), el qual mostra que ambdues direccions estructurals es van desenvolupar sincrònicament i que per tant responen a un mateix procés deformatiu. Aquest autor, a partir de la disposició espacial de les rampes associades als encavalcaments (dirigides en tots els sentits menys cap al SE) i de la direcció NW-SE de les falles direccionals desenvolupades sincrònicament amb els encavalcaments ("tear-faults"), dedueix que l'estructura de la serra és congruent amb l'emplaçament cap al NW d'un seguit de unitats encavalcants. Segons aquest model, la complexa geometria ortogonal que presenta l'estructura de les Serres de Llevant seria el resultat de la interacció entre un seguit de rampes laterals (NW-SE) i frontals (NE-SW).

La presència d'aquestes rampes laterals fa que l'escurçament paral·lel a la direcció de transport sigui molt variable al llarg de les Serres de Llevant. En efecte mentre els talls compensats mostren que l'escurçament en el sector NE és d'uns 25 km (SÀBAT i SANTANACH, 1987), els mapes de línies d'entroncament d'encavalcaments mostren que les rampes laterals de les àrees centrals defineixen un escurçament addicional d'uns 40 km per a les unitats encavalcants del sector SW de les Serres de Llevant (RAMOS-GUERRERO *et al.* 1989a). A més, la disposició lleugerament oblíqua de les rampes laterals, ha originat cert escurçament perpendicular a la direcció de transport que se soluciona, principalment, en plecs NW-SE (SÀBAT i SANTANACH, 1987).

#### *Els relleus de Randa-Sineu-Bonany.*

Constitueixen una sèrie de petits turons disposats NE-SW que es troben separats de les Serres de Llevant i Tramuntana, respectivament, per les depressions de Campos i de Palma-Inca-La Pobla (fig. 139). A excepció del massís de Randa, la seva estructura premiocena mitjana és bastant desconeguda. L'estructura d'aquestes àrees es caracteritza per un conjunt de làmines d'encavalcament i plecs que presenten una orientació preferent NE-SW (fig. 142; DARDER, 1925b; COLOM i SACARÉS, 1968; ANGLADA, 1985). A l'igual que a les Serres de Llevant, aquestes estructures que involucren roques

d'edats compreses entre el Triàsic superior i el Languià, presenten un nivell de desenganxament basal situat en el Keuper.

Les anàlisis estructurals recentment dutes a terme al massís de Randa (ANGLADA, 1985; ANGLADA et al., 1986), mostren la superposició de dues unitats encavalcants: una inferior lleugerament deformada per plecs NE-SW i una superior, només constituïda per materials paleogens, que està formada per un sistema de làmines d'encavalcament imbricades cap al SE (fig. 142). El plà que limita aquestes dues unitats és subhoritzontal i talla gran part dels plecs que presenta la unitat inferior. Aquesta disposició indica que, en relació a la unitat inferior, l'emplaçament de la unitat superior es va realitzar fora de seqüència. Tanmateix, la presència de plecs molt laxos que deformen el plà d'encavalcament denoten que a una escala major el sistema es propagaria en una seqüència de tipus coll-i-bé (RAMOS-GUERRERO et al., 1989a).

La manca de rampes associades a aquest encavalcament i de criteris cinemàtics clars, fa que la seva direcció de transport no s'hagi pogut determinar de forma clara. Mentre el caràcter imbricat cap al NW de la unitat superior i la direcció de transport cap al NW que presenten el conjunt de les làmines de la resta de l'illa, semblen apuntar que aquest encavalcament es va desplaçar en el mateix sentit, la constatació, en línies sísmiques confidencials realitzades recentment a la part central de Mallorca, de la presència d'encavalcaments desplaçats cap al SE fa pensar en la possibilitat d'un desplaçament de la unitat superior de Randa en aquest altre sentit, sobretot tenint en compte que al Puig de Randa, els dipòsits languians de la unitat inferior mostren el desenvolupament d'un clivatge que cabussa clarament cap al NW que, si bé pot associar-se a un "hindward-facing syncline" (ANGLADA, 1985), sembla més coherent amb el desplaçament cap al SE de la unitat superior de Randa (RAMOS-GUERRERO et al., 1989a).

La duplicació de part de la sèrie meso-cenozoica que s'observa en aquestes àrees, implica un escurçament paral·lel a la direcció de transport NW-SE superior al 50% (12 km en el cas del massís de Randa).

### *Serres de Tramuntana.*

Alineades de NE a SW, amb una longitud d'uns 90 km i una amplada mitjana de 15 km, aquestes serres constitueixen la cadena muntanyosa més important de l'illa de Mallorca. La seva estructura es caracteritza per la presència d'un seguit de plecs, falles i encavalcaments que s'han ordenat tradicionalment en tres grans unitats encavalcants (FALLOT, 1922). Per bé que localment s'orienten també N-S, en general, totes aquestes estructures d'edat oligoceno-terminal-miocena mitjana presenten una orientació predominant ENE-WSW (fig. 143).

De totes aquestes estructures contractives, les més prominents i ben desenvolupades són els encavalcaments, que es presenten generalment inclinats cap al SE o subhorizontals. Aquests encavalcaments, a diferència de la resta de l'illa de Mallorca, a més de la cobertura juràssico-miocena mitjana, involucren també roques del Triàsic inferior (Buntsandstein i Muschelkalk inferior i mitjà) i fins i tot de la part superior del sòcol hercinià. En efecte, arran de la costa nordoccidental de Mallorca,

RODRÍGUEZ-PEREA i RAMOS-GUERRERO (1984) descriuen la presència de materials del Carbonífer que encavalquen sobre el Buntsandstein, i en un sondatge realitzat també arran de la costa, per sota de materials vermells del Permià s'ha tallat una sèrie de calcàries, dolomies, argiles i evaporites (BARÓN *et al.*, 1985) atribuïbles al Muschelkalk (datació palinològica de N. SOLÉ, com. pers.).

Aquestes dades impliquen que totes les Serres de Tramuntana són al·lòctones i que, a més del nivell de desenganxament situat en les successions evaporítico-lutftiques del Keuper i del Muschelkalk mitjà i en el qual s'arrelen la majoria dels encavalcaments, hi han nivells de desenganxament situats en posicions estratigràfiques més inferiors. Concretament, aquestes dades apunten a la presència de com a mínim d'un nivell de desenganxament situat en les fàcies vermelles del Permià. Respecte a l'existència d'un nivell de desenganxament inferior situat a la part superior del sòcol hercinià que explicaria la presència de roques paleozoiques involucrades en el sistema d'encavalcaments de les Serres de Tramuntana, amb les dades disponibles no és del tot evident. En efecte, situats a la base de les làmines d'encavalcament observades, aquests fragments paleozoics poden també correspondre a trossos escapçats del sòcol hercinià per la inversió de falles normals preexistents -en anglès "short-cuts"- (TORRES, 1991), o a fragments d'antics paleorelleus i/o plecs NE-SW tallats pel nivell de desenganxament permià (fig. 144).

D'altra banda, el sistema d'encavalcaments mostra, sobretot a les àrees centrals i nordorientals, una clara disposició imbricada cap al NW (fig. 145). Més cap al SE, si bé aquesta disposició és encara la predominant, en el sistema d'encavalcaments s'observen també imbricacions dirigides cap a l'E i l'W. Aquests sistemes imbricats s'agrupen en un conjunt de gran unitats encavalcants que presenten diferents característiques estructurals. Així, les més inferiors, que equivalen a grans trets a la unitat inferior de FALLOT (1922), estan estructurades en un duplex format per un conjunt de làmines d'encavalcament que, si bé presenten una geometria de "horses", corresponen en realitat a làmines d'encavalcament imbricades i emergents que haurien estat tallades en posterioritat pels encavalcaments superiors (fig. 147; CASAS *et al.*, 1990). Les grans unitats encavalcants superiors (unitat intermèdia i superior de FALLOT, 1922), si bé presenten associats sistemes de duplex, generalment estan estructurades en grans làmines subtabulars que inclouen sistemes imbricats.

A partir de l'anàlisi geomètrica, s'ha deduït (ÁLVARO, 1987; CASAS *et al.*, 1990; GELABERT *et al.*, en premsa) que l'emplaçament dels encavalcaments de les Serres de Tramuntana es va realitzar segons seqüències de propagació tant de tipus coll-i-bé com fora de seqüència. En efecte, mentre el fet que les làmines superiors tallin els plecs associats als encavalcaments de les làmines inferior indica una propagació fora de seqüència, la deformació en plecs de gran radi que presenten els encavalcaments basals de les unitats superiors indica per contra una propagació de tipus coll-i-bé. Segons CASAS *et al.* (1990), aquestes darreres deformacions podrien associar-se a la generació dels encavalcaments situats a la base del Triàsic.

El plecs que es presenten associats a aquest sistema d'encavalcaments i que són, tal com s'ha dit, tallats pels encavalcaments de les unitats superiors, tenen una orientació preferent NE-SW a ENE-WSW i una vergència clara cap al NW (figs. 143 i 145). Localment, a les àrees més sudoccidentals de les Serres de Tramuntana els plecs oligoceno terminal-miocens mitjans s'orienten també N-S i NW-SE

(FALLOT, 1922; ROCA i VERGÉS, 1989). Ambdós tipus de plecs presenten, normalment, associada un clivatge de plà axial que es troba ben desenvolupat en els termes margosos i lutítics de la cobertura meso-cenozoica.

A part del plecs i encavalcaments, l'estructura oligocena terminal-miocena mitjana de les Serres de Tramuntana es caracteritza per la presència de falles subverticals amb moviments direccionals. Aquestes falles es poden agrupar, des del punt de vista cronològic, en les que són sincròniques amb l'emplaçament dels encavalcaments, i les que són posteriors a aquest. El primer grup, a excepció de la denominada falla NW-SE de Pollensa que presenta unes dimensions pluriquilomètriques (RAMOS-GUERRERO *et al.*, 1989a), és constituït principalment per falles de salt mètric a decamètric que es troben ben desenvolupades en el Miocè de l'àrea de Banyalbufar-Port d'es Canonge (RODRÍGUEZ-PEREA, 1981; POMAR *et al.*, 1983d). En canvi, el segon grup, que comprèn les falles que tallen tot el sistema de plecs i encavalcaments, es caracteritza per un seguit de falles subverticals NE-SW de longitud i salt hectomètric a pluriquilomètric que s'han desplaçat en sentit direccional dextra (fig. 146; ROCA i VERGÉS, 1989). Localment, associades a aquesta fase deformativa posterior a l'emplaçament dels encavalcaments de les Serres de Tramuntana, es formarien també falles sinistres de direcció NW-SE.

La disposició espacial de les rampes associades als encavalcaments (dirigides principalment cap al NW), l'orientació dels plecs i de la direcció NW-SE de les falles direccionals desenvolupades sincrònicament amb els encavalcaments ("tear-faults"), indiquen que la direcció de transport de les unitats encavalcants de les Serres de Tramuntana va ser cap al NW (FALLOT, 1922; POMAR *et al.*, 1983d; GELABERT *et al.*, en premsa). Segons aquesta direcció de transport, les estructures orientades N-S, serien, tal com proposen ROCA i VERGÉS (1989) rampes laterals.

Els diversos talls compensats realitzats perpendicularment a les Serres de Tramuntana mostren que l'escurçament generat pels encavalcaments i plecs oligoceno terminal-miocens mitjans és d'un 55-56% (ÁLVARO, 1987; GELABERT *et al.*, en premsa), que correspon a uns 20-21 km.

#### *Estructura general de l'illa de Mallorca.*

De les dades exposades es dedueix que l'estructura oligoceno terminal-miocena mitjana de l'illa és el resultat de l'emplaçament cap al NW d'un seguit de làmines d'encavalcament (RAMOS-GUERRERO *et al.*, 1989a). L'estructura de l'illa es caracteritza principalment per la presència de plecs i encavalcaments que s'orienten preferentment ENE-WSW i de falles direccionals NW-SE sincròniques amb l'emplaçament de les làmines d'encavalcament ("tear faults"). Dins d'aquest model, la presència de rampes orientades obliquament (N-S) o paral·lelament (NW-SE) en relació a la direcció de transport regional, seria la responsable de la formació de les estructures contractives N-S i NW-SE que, presents a tota l'illa, arriben a ser, a les àrees més sudorientals de l'illa (Serres de Llevant), quasi tan importants com les NE-SW.

Les relacions geomètriques i estratigràfiques entre les diferents làmines d'encavalcament de l'illa de Mallorca, mostren que els encavalcaments van propagar-se alternativament en seqüències de

propagació de tipus coll-i-bé i fora de seqüència. En general, les dades apunten a la següent seqüència deformativa (fig. 147): 1) Formació, mitjançant una seqüència de tipus coll-i-bé d'un sistema imbricat d'encavalcaments que, a les parts més frontals del sistema, passarien a ser plecs vergents al NW; 2) Emplaçament fora de seqüència de les unitats o làmines d'encavalcament superiors 3) Plegament d'aquestes unitats superior per la deformació generada pel continuat emplaçament de làmines d'encavalcament més profundes, denotant que a gran escala es produeix una propagació de tipus coll-i-bé.

El nivell de desenganxament basal de tot aquest sistema d'encavalcaments se situa com a mínim a la base de la cobertura meso-cenozoica. En efecte, encara que el nivell de desenganxament basal de la major part de les estructures de les Serres de Tramuntana i de la totalitat de les de les Serres de Llevant i del relleu de Randa-Sineu-Bonany, se situa en els nivells lutítico-evaporítics del Triàsic mitjà i superior (Muschelkalk mitjà ? i Keuper), a les Serres de Tramuntana s'observa que, per sota d'aquest nivell, les successions permico-triàsiques inferiors també es troben afectades per encavalcaments. La profunditat a la que es trobaria l'encavalcament basal del sistema contractiu de Mallorca resta per tant hipotètica. Tanmateix, fins a l'actualitat s'han postulat tres grans grups d'hipòtesis: a) les que proposen que el nivell de desenganxament es troba en el Keuper (ÁLVARO i DEL OLMO, 1984; PARÉS, 1985; ÁLVARO, 1987b); b) les que consideren que el nivell basal se situa prop de la discordança entre el sòcol hercinià i la cobertura meso-cenozoica (FONTBOTÉ *et al.*, 1989; RAMOS-GUERRERO *et al.*, 1989; TORRES, 1991); c) les que situen el nivell de desenganxament basal en una posició intracortical (FONTBOTÉ *et al.*, 1990; ROCA *et al.*, 1990a; GELABERT *et al.*, en premsa; ROCA i DESEGAULX, en premsa). Concretament, aquestes darreres hipòtesis, a partir del sobtat canvi de la velocitat sísmica que s'observa a una profunditat de 7 km (BANDA *et al.*, 1980) i de l'extrapolació cap a l'illa del nivell de desenganxament deduït per a les estructures contractives del solc de València, col·loquen el nivell de desenganxament basal sota l'illa de Mallorca a una profunditat de 8-10 km (GELABERT *et al.*, en premsa) i 12 km (FONTBOTÉ *et al.*, 1990).

El desconeixement de l'estructura en profunditat del sistema d'encavalcaments de l'illa de Mallorca, així com la manca d'informació sobre l'estructura contractiva de les àrees actualment recobertes pels materials postmiocens mitjans (depressions de Campos, Palma, Inca i Sa Pobla), impedeixen avaluar amb un mínim de confiança l'escurçament regional associat a l'edificació del Sistema Bètico-balear. No obstant, RAMOS-GUERRERO *et al.* (1989a), assumint aquestes limitacions i a partir d'un model en profunditat que implica un escurçament mínim, han calculat que l'escurçament de la cobertura mesozoica va ser de com a mínim d'un 50%, això és, d'uns 60-70 km.

### **Evolució estructural de l'illa de Mallorca**

Les primeres successions neògenes que evidencien clarament una activitat contractiva a l'illa de Mallorca sincrònica amb la seva deposició són les burdigalo-languianes de la Fm. de turbidites de Banyalbufar (RAMOS-GUERRERO *et al.*, 1989a). Aquestes successions presenten notables variacions de potència i de fàcies deposicionals (RODRÍGUEZ-PEREA, 1984b), discordances angulars progressives (RODRÍGUEZ-PEREA, 1981; FERRÚS, 1990) i nivells olistostròmics (POMAR, 1976; BATLLE, 1979; RODRÍGUEZ-PEREA i POMAR, 1983), que denoten una

important activitat tectònica sinsedimentària. A més de per criteris regionals (les úniques estructures reconegudes a l'illa d'edat premiocena mitjana i postoligocena són de tipus contractiu), el caràcter compressiu d'aquesta activitat tectònica, queda enregistrada per: a) la localització just al davant dels encavalcaments de les conques turbidítics, b) l'orientació paral·lela que mostren les estructures contractives i els solcs turbidítics, i c) la presència de nombrosos nivells olistostròmics i bretxosos que, situats davant dels encavalcaments, enregistren un front actiu que es desplaça cap al NW (fig. 148; FERRÚS, 1990).

Prèviament a la deposició d'aquestes successions, els dipòsits oligoceno terminals-burdigalians inferiors de la Fm. de calcarenites de Sant Elm denoten ja una activitat tectònica sinsedimentària i un important canvi paleogeogràfic en relació al Paleogen (vegeu apartats II-4 i II-5). Integrades per roques detrítiques grolleres d'origen marí, les successions de la Fm. de Sant Elm mostren importants variacions de potència i de fàcies deposicionals (RODRÍGUEZ-PEREA, 1984a). Les característiques geodinàmiques d'aquesta activitat tectònica han estat objecte de discussió des de fa molts anys, ja que mentre alguns autors la relacionaven amb els processos extensius que van generar la Conca Catalano-balear (ÁLVARO *et al.*, 1984; DEL OLMO i ÁLVARO, 1984), altres consideraven que aquesta reflectia els primers estadis del desenvolupament de l'edifici contractiu bètico-balear (ESCANDELL i COLOM, 1960; BATLLE, 1971; COLOM, 1975). Actualment, donat que tant les estructures contractives fossilitzades per les successions de la Fm. de Sant Elm com les que l'afecten a les Serres de Llevant presenten les mateixes característiques geomètriques i cinemàtiques (SÀBAT, 1986), la majoria d'autors (RAMOS-GUERRERO *et al.*, 1989a; FONTBOTÉ *et al.*, 1990) semblen estar d'acord que, almenys en aquestes serres, la sedimentació d'aquestes successions es va realitzar en un context tectònic compressiu.

El caràcter clarament postcompressiu de les successions serraval·lianes, conjuntament amb el fet que les successions languianes superiors es trobin clarament involucrades en els plecs i encavalcaments, ha permès delimitar superiorment la deformació contractiva de Mallorca en el trànsit Languià-Serraval·lià. Així, a excepció d'algun petit encavalcament que, arran del marge SE de la fossa d'Inca, sembla afectar materials serraval·lians (BENEDICTO, 1991), les successions d'edat serraval·liana es disposen subhoritzontalment fossilitzant les estructures contractives que afecten el Languià.

En conjunt, aquestes dades, mostren que, si bé l'estructuració contractiva de l'àrea es va produir principalment en el trànsit Languià-Serraval·lià, la deformació contractiva ja s'havia iniciat amb seguretat, a les parts més sudorientals de l'illa, durant l'Oligocè terminal, i que des de llavors hauria anat accentuant-se i migrant progressivament cap al NW.

A més, dins de l'etapa d'estructuració oligoceno terminal-serraval·liana inferior, a les Serres de Tramuntana, s'han definit dues situacions tectòniques contractives amb característiques estructurals diferents que se succeïxen en el Languià-Serraval·lià inferior (ROCA i VERGÉS, 1989):

a) Compressió WNW-ESE a NW-SE. Reconeguda a tota l'illa i desenvolupada durant el Miocè inferior i Languià, aquesta situació origina l'estructuració de les Serres de Tramuntana i de la resta de

l'illa en un edifici d'encavalcaments. És per tant la responsable de la formació de la major part dels diferents encavalcaments, plecs i clivatges penetratius observats a l'illa.

b) Compressió direccional WNW-ESE amb una direcció d'extensió subhoritzontal NNE-SSW. Molt menys desenvolupada i reconeguda únicaments al SW de les Serres de Tramuntana, aquesta situació marca el trànsit de la deformació contractiva oligoceno terminal-miocena mitjana a la deformació extensiva postmiocena mitjana. D'edat, segurament, languiano terminal-serraval.liana inferior, estructuralment queda reflectida pel desenvolupament de falles dextres de direcció NE-SW que tallen els plecs i encavalcaments languians.

La presència de falles direccionals involucrades en l'edifici d'encavalcaments, indica que si bé la tectònica direccional succeeix a la compressiva ( $\sigma_3$  subhoritzontal), dins d'aquest últim període es van produir permutacions de  $\sigma_2$ - $\sigma_3$ , de caràcter local o temporal, que van originar la formació de falles direccionals sincròniques amb l'emplaçament de les làmines d'encavalcament.

## ILLA DE CABRERA

És l'illa més gran d'un petit arxipèlag localitzat a uns 10 km al sud de l'extrem sudoriental de l'illa de Mallorca. Situat per tant en la prolongació SW de les Serres de Llevant de Mallorca, la seva estructura premiocena mitjana és bastant ben coneguda a partir dels treballs de SÀBAT i SANTANACH (1984 i 1985).

Molt similar a la de les Serres de Llevant, l'estructura oligoceno terminal-miocena mitjana d'aquesta illa (i de la resta d'illes de l'arxipèlag) es caracteritza per la superposició de dues unitats encavalcants que presenten plecs i encavalcaments orientats preferentment NE-SW i N-S (fig. 149). L'estructura interna d'aquestes dues unitats que involucren roques d'edats compreses entre el Triàsic superior i l'Eocè superior (Biarritzia), és diferent. Així, mentre la superior no mostra estructures internes destacables, la inferior és formada per un sistema de duplex i horses imbricats cap al NW i W (fig. 149) que, arran dels plans d'encavalcament, presenten associats plecs menors i clivatges que indiquen una direcció de transport cap al NW i, localment, cap a l'W (SÀBAT i SANTANACH, 1985). El plà que limita aquestes dues unitats és subhoritzontal i presenta, localment, coixins d'argiles i guixos del Keuper que suggereixen que, a l'igual que a les Serres de Llevant i en els relleus de Randa-Sineu-Bonany de l'illa de Mallorca, el nivell de desenganxament basal de la unitat superior se situa en el Triàsic superior (Keuper).

El tipus de seqüència en què es va propagar aquest sistema d'encavalcaments no ha estat analitzat fins a l'actualitat; ara bé, la presència de plecs laxos NE-SW que deformen l'encavalcament principal i d'encavalcaments més redreçats que el tallen per darrera, denoten clarament seqüències de propagació tant de tipus coll-i-bé com fora de seqüència.

La manca de rampes associades a l'encavalcament principal i de criteris cinemàtics clars ran del plà d'encavalcament, fa difícil establir una direcció de transport per a la unitat superior. Tanmateix, la direcció de transport cap al NW que exhibeixen els horses infrajacsents i els encavalcaments que el tallen,

semblen apuntar a què aquest encavalcament es va desplaçar en el mateix sentit. La duplicació de part de la sèrie meso-cenozoica que implica l'estructura contractiva descrita, indica un escurçament paral·lel a la suposada direcció de transport NW-SE bastant superior al 50% (>4.5 km).

L'evolució estructural d'aquest sistema d'encavalcaments durant l'Oligocè terminal-Miocè mitjà no s'ha pogut determinar a causa de la falta de dipòsits d'aquestes edats. Així, els materials més antics posteocens trobats a l'arxipèlag són d'edat miocena superior, els quals, disposats subhoritzontalment fossilitzant les estructures contractives, únicament indiquen que l'estructuració contractiva es va produir entre l'Eocè superior i el Miocè superior. A pesar d'aquesta manca de dades, les semblances estructurals que presenten l'illa de Cabrera i les Serres de Llevant, apunten a què l'evolució d'ambdues àrees va ser molt similar i que, per tant, l'edat de deformació contractiva de l'illa de Cabrera deu ser la mateixa que la de les Serres de Llevant (Oligocè superior-Serraval·lià inferior).

## ILLA D'EIVISSA

Donat que illa de Formentera està constituïda exclusivament per materials postmiocens mitjans (fig. 150), l'estructura oligoceno terminal-miocena mitjana de les illes Pitiüses només s'ha pogut analitzar a l'illa d'Eivissa i en els petits illots que l'envolten (Es Vedrà, Es Vedranell, Tagomago, Sa Conillera, Esparto, etc.). En aquestes illes, encara que hi ha una bona continuïtat d'afloraments de roques premiocenes mitjanes, el coneixement que es té de la seva estructura no és ni molt menys comparable al de l'illa de Mallorca. De fet des de la monografia sobre l'illa d'Eivissa realitzada per RANGHEARD (1972) -posteriorment ampliada i modificada en RANGHEARD (1984)- i dels treballs de FOURCADE *et al.* (1982) no s'han publicat treballs que fagin referència a la seva estructura.

### Estructura

Els estudis estructurals realitzats a l'illa d'Eivissa des de principis de segle (FALLOT, 1917; 1922; SPIKER i HAANSTRA, 1935; FALLOT, 1948; RANGHEARD, 1971; FOURCADE *et al.*, 1982; entre els més rellevants) mostren que l'estructuració oligoceno terminal-miocena mitjana va ser de caràcter compressiu amb la formació de tres unitats encavalcants deformades internament en complexos sistemes de plects i encavalcaments que s'orienten principalment NE-SW (figs. 150 i 151).

Aquestes unitats, que involucren roques d'edats compreses entre el Triàsic mitjà (Muschelkalk) i el Miocè mitjà (Languià), presenten una estructura imbricada cap al NW, de manera que la més nordoccidental (unitat d'Aubarca-Fornou-Rei) és la més inferior i la situada arran de la costa sudest (unitat d'Eivissa) és la més superior. Encara que la majoria d'autors situen el nivell de desenganxament d'aquestes unitats en el Keuper (FOURCADE *et al.*, 1982; RANGHEARD, 1984), la presència de dipòsits carbonàtics del Muschelkalk involucrats en el sistema contractiu evidencien que el nivell de desenganxament basal se situa com a mínim a la base de Muschelkalk.

Internament, tal com s'ha indicat, aquestes unitats estan constituïdes per sistemes imbricats d'encavalcaments que, d'acord amb la disposició del clivatge i dels plects associats que presenten els seus plans, mostren una direcció d'imbricació predominant cap al NW. Cal assenyalar que, localment i tal



com també passa en algunes àrees de Mallorca, també hi ha sistemes imbricats NW-SE que originen l'encavalcament de les unitats més nordorientals sobre les més sudoccidentals. El contacte NW-SE entre les subunitats d'Aubarca i Fornou i la subunitat de Rei, totes tres pertanyents a la unitat d'Aubarca-Fornou-Rei, seria un clar exemple d'aquest tipus d'imbricació cap al SW. Quant a la seqüència en què es van propagar tots aquests encavalcaments, amb les dades disponibles no és possible discernir si els encavalcaments es van disposar en una seqüència de propagació de tipus coll-i-bé o es van propagar fora de seqüència.

El plecs que es presenten associats a aquest sistema d'encavalcaments tenen una orientació preferent NE-SW a ENE-WSW i una vergència clara cap al NW. Localment, a la unitat d'Eivissa (RANGHEARD, 1971) els plecs oligoceno terminal-miocens mitjans s'orienten també NNE-SSW. Ambdós tipus de plecs exhibeixen, normalment, associada una esquistositat de plà axial que es troba ben desenvolupada en els termes margosos i lutítics de la cobertura meso-cenozoica (Cretaci inferior i Miocè inferior-mitjà).

Aquesta disposició dels plecs i del clivatge associat, i la disposició espacial de les rampes associades als encavalcaments (dirigides principalment cap al NW), indiquen que la direcció de transport de les unitats encavalcants de l'illa d'Eivissa i dels illots circumdants va ser cap al NW (FOURCADE *et al.*, 1982; RANGHEARD, 1984). Segons aquesta direcció de transport, les estructures orientades NW-SE i NNE-SSE, serien, respectivament, rampes laterals i oblíquies del sistema d'encavalcaments.

La presència de nombroses klippes i finestres tectòniques ha permès constatar que l'escurçament paral·lel a la direcció de transport és força important. Així, inicialment RANGHEARD (1971; 1984) va calcular que el desplaçament de la subunitat de Fornou sobre la d'Aubarca havia estat d'uns 5 km i el de la unitat d'Eivissa sobre la de Fornou d'uns 7 km. Posteriorment, FOURCADE *et al.* (1982) a partir de la constatació de noves "klippes", incrementen el valor del desplaçament de la unitat d'Eivissa a més de 10 km i calculen en uns 5 km el desplaçament de la unitat de la Talaia de Sant Josep. Així segons aquests autors l'escurçament total seria de com a mínim d'uns 19 km (39%). Per la nostra part, a partir dels mapes i talls d'aquests últims autors (figs. 150 i 152), hem avaluat un escurçament lleugerament superior als 22 km (45%). Cal recordar que aquest valor són amb tota seguretat inferiors als reals, ja que no tenen en compte la deformació interna de cada unitat.

### **Evolució estructural de l'illa d'Eivissa**

L'evolució estructural d'aquesta illa, si bé no és tan ben coneguda com la de Mallorca, presenta moltes similituds amb la d'aquesta. Així, estructurades contractivament, les successions turbidíctiques burdigalo-langüanes de l'illa d'Eivissa denoten també una forta activitat tectònica sinsedimentària que queda reflectida per notables variacions de potència i de fàcies deposicionals i per la presència de nombrosos nivells olistostròmics (RANGHEARD, 1971; FOURCADE *et al.*, 1982; SATANACH, *com. pers.*). Apuntant també al caràcter sintectònic de les successions burdigalo-langüanes, SIMÓ i GINER (1983), assenyalen que, localment, aquestes arriben a fossilitzar falles sinsedimentàries

Amb anterioritat a la deposició d'aquestes successions, els nivells detrítics grollers que se situen directament sobre la cobertura mesozoica mostren clarament que la deformació contractiva a l'illa d'Eivissa ja s'havia iniciat a l'interval comprès entre l'Oligocè superior-Burdigalià. En efecte, a les successions detrítics basals, recentment (SANTANACH, com. pers.), ha constatat la presència d'una discordança que separa uns nivells inferiors, continentals i amb còdols força grollers, deformats en plecs orientats més o menys NE-SW, d'uns nivells conglomeràtics de còdols més petits i madurs que es disposen subhoritzontalment sobre els anteriors (fig. 137). El caràcter detríctic groller d'aquestes successions ha impedit fins ara determinar amb exactitud el moment en què es va desenvolupar aquesta fase de plegament.

Quant a l'edat en què va finalitzar l'estructuració contractiva a l'illa d'Eivissa, l'únic que se sap és que se situa entre el Languià i el Tortonià, ja que aquestes són les edats, respectivament, dels materials més moderns afectats per les estructures contractives i dels més antics que les fossilitzen (RANGHEARD, 1984).

En conjunt, i malgrat l'escassetat d'estudis tectònics i estratigràfics recents, les dades recopilades indiquen que l'estructuració contractiva de l'illa d'Eivissa es va iniciar a l'interval Oligocè superior-Burdigalià i que l'emplaçament de les gran unitats encavalcants (etapa de màxima deformació contractiva) es va produir entre el Languià i el Tortonià.

## BÈTIQUES ORIENTALS

Dins de la Serralada Bètica s'han analitzat, amb dades en gran part bibliogràfiques, les estructures situades aproximadament a l'est d'una hipotètica transversal que des de Benidorm fins a Cofrentes passés per les rodalies de les poblacions d'Alcoi i Ontinyent. Seguint les subdivisions de la Serralada Bètica realitzades per FOUCAULT (1972), en aquesta regió de les Bètiques s'inclouen àrees pertanyents al Prebètic intern i extern. Aquestes dues zones, segons la definició donada per aquest autor, corresponen a les parts més proximals del marge continental d'Ibèria durant el Mesozoic, i es caracteritzen estructuralment per la presència d'una cobertura parautoctona lleugerament lliscada cap al NNW, de manera que la cobertura és afectada per plecs i encavalcaments amb una fletxa, des de les parts més externes (NNW) cap a les més internes (SSE), progressivament més grans.

Aquest esmorteïment de la deformació cap al NNW fa que, tal com hem indicat repetides vegades, sigui difícil d'establir un límit nordoccidental per les Bètiques orientals. Així, mentre la majoria d'autors (BRINKMANN, 1931; CHAMPETIER, 1972; DURAND-DELGA i FONTBOTÉ; 1980; entre d'altres) el situen en un seguit de plecs i encavalcaments que alineats ENE-WSW van a parar a la Mediterrània entre Cullera i Gandia, la constatació de la presència d'un encavalcament dirigit cap al NNE al llarg de la serra del Cavalló que deforma les estructures ibèriques (vegeu més endavant descripció de l'estructura), ha fet situar el límit de la deformació bètica més al nordoest; concretament al llarg de l'alineació formada per les serres de Buixcarró, La Creu, Vernissa, Grossa i El Cavalló. La prolongació d'aquest límit a l'oest d'aquesta darrera serra resta indefinida pel desenvolupament d'una important tectònica salina durant el Miocè superior que deforma la cobertura mesozoica i per la presència d'una extensa cobertura miocena superior-pliocena que recobreix gran part de l'àrea (Conca del Cabriel).

A excepció de monografies locals que s'han realitzat a les àrees d'Alcoi, Finestrat, Bènia i Alacant (MOSELEY *et al.*, 1981; DE RUIG *et al.*, 1987; PIERSON D'AUTRAY, 1987; STEL i DE RUIG, 1989; DE RUIG, 1990), la informació bibliogràfica que es té sobre l'estructuració oligoceno terminal-miocena mitjana de les Bètiques orientals es remunta com a mínim a finals dels anys setanta quan es van realitzar la major part dels mapes 1:50.000 del plà MAGNA de la regió. Aquesta situació dóna lloc a que el coneixement de les característiques geomètriques i evolutives de l'estructura variï molt entre els diferents sectors de les Bètiques orientals i que per tant sigui difícil d'establir un model estructural general per a tota l'àrea. Cal assenyalar que els únics treballs que han analitzat l'estructura general de l'àrea són relativament antics (BRINKMANN, 1931; DARDER, 1945; GARCÍA-RODRIGO, 1968; CHAMPETIER, 1972; AZÉMA, 1977), de manera que, si bé descriptivament són d'una qualitat indubtable, no tracten certs aspectes estructurals força necessaris per tal de poder elaborar un model general cinemàtic.

## Estructura

L'estructura oligoceno terminal-miocena mitjana de les Bètiques orientals es caracteritza per la superposició de dues associacions estructurals de característiques geomètriques i cinemàtiques força diferents (fig. 153): una formada per estructures extensives, principalment falles normals i diapirs, que s'orienten en direccions pròximes a la NW-SE, i una altra integrada per estructures contractives (plecs, encavalcaments i falles direccionals) orientades preferentment ENE-WSW. La formació d'aquestes dues associacions d'estructures, tal com veurem més endavant en el subapartat d'evolució estructural, no va ser sincrònic a les Bètiques orientals sinó que és el reflex de dues situacions tectòniques que es van succeir en el temps.

### *Estructures extensives.*

Les estructures extensives de la primera associació estructural únicament s'han reconegut a les àrees on la deformació contractiva ha estat menys intensa, és a dir, a les àrees més nordoccidentals de les Bètiques orientals. En aquestes àrees, afectades posteriorment per estructures compressives, s'han observat un conjunt de fosses orientades NNW-SSE a NW-SE, i, localment ENE-WSW, reblertes per successions d'edat prelanguiana (fig. 153). Aquestes fosses venen generades tant pel moviment normal de falles normals que, orientades en la mateixa direcció, presenten un desplaçament inferior als 500 m (fossa de Pinet, per exemple), com per l'extrusió diapírica del Keuper que origina el col.lapsament de les àrees adjacents als diapirs i per tant la formació de petites fosses extensives (fosses de Navarrès i Bicornb-Quesa; figs. 154 i 155).

Arrelades en els nivells lutítico-evaporítics del Triàsic superior (Keuper), la geometria de les falles normals no s'ha pogut determinar a causa de les deformacions produïdes per les extrusions diapíriques i per les estructures contractives miocenes. Els indicadors cinemàtics observats en els plans de les falles hectomètrics a quilomètrics mostren que el moviment de les falles va ser predominantment normal. No obstant, i a l'igual que a les àrees adjacents del domini catalano-valencià (*sector meridional* de les àrees emergides), a la falla NNW-SE de Benasau -Alcoi-, PIERSON D'AUTREY (1987) ha

observat estries que denoten que algunes de les falles extensives es van moure, almenys localment, amb un cert component direccional dextre.

Encara que hi ha abundants extrusions diapíriques a totes les Bètiques orientals, les úniques que semblen clarament relacionades amb una extensió oligoceno terminal-miocena mitjana són les de Navarrés i Bicornb. Així, situats en un àrea subtabular i aparentment no deformada per estructures contractives, aquests diapirs presenten a banda i banda semifosses clarament extensives que són reblertes per successions, en la base d'una de les quals s'ha trobat fauna d'edat burdigaliana inferior (SANTISTEBAN *et al.*, 1989). El caràcter sincrònic de l'extrusió diapírica i de l'estructuració extensiva queda clarament evidenciat per: a) la presència de materials del Keuper reciclats en els dipòsits miocens inferiors (SANTISTEBAN *et al.*, 1989), b) la geometria de discordança progressiva que exhibeixen les successions de rebliment de les semifosses arran del diapir, i c) la disposició en ventall obert cap a les falles normals que limiten les semifosses que presenten les successions neògenes, que presenten les successions neògenes (per punts b i c vegeu fig. 154).

#### *Estructures contractives.*

Són, amb molta diferència, les més ben desenvolupades a l'àrea, de manera que configuren, en la seva major part, l'estructura actual de les Bètiques orientals (fig. 153). En efecte, les Bètiques orientals, estructuralment es caracteritzen, principalment, per presentar una cobertora mesozoica i cenozoica afectada per ples i encavalcaments de direcció ENE-WSW, vergents i encavalcants cap al NNW (BRINKMANN, 1931; DARDER, 1945; FALLOT, 1945; 1948; GARCÍA-RODRIGO, 1968; entre d'altres). Per bé que en alguns sectors involucren materials d'edats tortoniana i fins i tot plioquaternaria (DE RUIG *et al.*, 1987; PIERSON D'AUTREY, 1987; OTT D'ESTEVOU *et al.*, 1988), en general, aquestes estructures contractives es troben desenvolupades en materials que van des del Triàsic superior fins al Serraval·lià (PIERSON D'AUTREY, 1987; OTT D'ESTEVOU *et al.*, 1988; DE RUIG, 1990).

El nivell de desenganxament de la major part de les estructures reconegudes se situa en les successions lutítico-evaporítiques del Keuper (BRINKMANN, 1931; AZÉMA, 1977) que en aquestes àrees assoleixen potències superiors als 600-800 m (TORRES i SÁNCHEZ, 1990). Aquest nivell de desenganxament en el que s'arrelen gairebé la totalitat de les estructures contractives no sembla, tanmateix que sigui el més inferior. En efecte, la presència de roques carbonàtiques del Muschelkalk superior involucrades en els diapirs d'Ayora-Cofrentes i Navarrés denota com a mínim l'existència d'un nivell de desenganxament situat a nivell del Muschelkalk mitjà.

Dins del sistema d'estructures contractives de les Bètiques orientals s'observa (fig. 153) que cap al SE augmenta la magnitud del desplaçament dels encavalcaments i el caràcter asimètric dels ples (BRINKMANN i GALLWITZ, 1933; CHAMPETIER, 1972), al temps que l'estructura es complica degut, en gran part, al diapirisme del Keuper (MOSELEY, 1973; MOSELEY *et al.*, 1981).

Així, a les parts més septentrionals, l'estructura contractiva es caracteritza per la presència de llargs i paral·lels antiformes i sinformes orientats ENE-WSW que, amb un flanc NNW subvertical o

invertit, són clarament vergents al NNW (figs. 156 i 157). Normalment, els flancs NNW d'aquests antifomes estan afectats per encavalcaments lleugerament inclinats cap al SSE que donen lloc a què els antifomes es trobin lleugerament encavalcants sobre els sinformes adjacents (GARCÍA-RODRIGO-1960). El desplaçament generat per aquests encavalcaments augmenta des de les àrees més septentrionals (<0.5 km a l'antiforme d'Enguera) cap a les àrees més meridionals del sector (>5 km a l'encavalcament d'Aixorta o en el de la punta d'Ifach -RIOS *et al.*, 1958; 1961-). Quant a l'estructura interna dels antifomes, aquesta és habitualment força complexa degut a la inversió tectònica del moviment dels encavalcaments durant el Miocè superior i a l'existència d'extrusions diapíriques del Keuper que perforen els seus nuclis. Aquestes extrusions generen una accentuació del cabussament dels flancs normals dels antifomes, fins arribar al punt que aquest arriben a encavalcar sobre el sinforme situat immediatament al SSE de l'antiforme (MARTÍNEZ DEL OLMO *et al.*, 1986).

Progressivament cap al SE, al temps que s'incrementa el desplaçament dels encavalcaments, aquesta deformació diapírica augmenta fins al punt que l'estructuració de les àrees meridionals de les Bètiques orientals és en gran part d'origen diapíric (MOSELEY, 1973; MOSELEY *et al.*, 1981; MARTÍNEZ DEL OLMO *et al.*, 1986). Malgrat aquesta intensa deformació diapírica, que és en gran part sincrònica amb les deformacions contractives de l'àrea, es reconeix que l'estructuració d'aquestes àrees ve caracteritzada per la presència d'un conjunt de plecs i encavalcaments que presenten importants virgacions ENE-WSW. Així, en general s'observa que, orientats ENE-WSW en les seves parts més nordoccidentals i sudorientals, els encavalcaments i plecs passen a disposar-se N-S al llarg d'una banda ENE-WSW que, amb uns 7 km d'amplada, va des de les rodalies d'Agost fins el cap de la Nau (fig. 158). Aquestes virgacions, tal com assenyalen DE RUIG *et al.* (1987), semblen clars indicadors de la presència de falles subverticals ENE-WSW en el sòcol que es mourien en sentit direccional dextre.

A part d'aquestes falles de sòcol ENE-WSW sincròniques amb el desenvolupament dels plecs i encavalcaments de la mateixa orientació, en la cobertura de les Bètiques orientals, s'observa el desenvolupament de falles subverticals WNW-ESE a NNW-SSE de longituds pluriquilomètriques que desplacen i són desplaçades pels encavalcaments (GARCÍA-RODRIGO, 1960). Aquestes falles, que s'han desplaçat en sentit direccional i que resulten moltes vegades de la reactivació d'antigues falles extensives (PIERSON D'AUTREY, 1987), limiten àrees diferentment estructurades contractivament, de manera que semblen correspondre a falles del tipus "tear-fault" desenvolupades sincrònicament amb l'emplaçament de les làmines d'encavalcament.

A partir de la direcció WNW-ESE a NNW-SSE d'aquestes falles direccionals de tipus "tear-faults", de la disposició espacial de les rampes associades als encavalcaments (majoritàriament dirigides cap al NNW) i de la geometria dels plecs i del clivatge associat, s'ha deduït que la direcció de transport de les unitats encavalcants de les Bètiques orientals va ser aproximadament cap al NW-NNW. D'acord amb aquesta direcció de transport els estudis micro- i mesoestructurals duts a terme a l'àrea (OTT D'ESTEVOU *et al.*, 1988; DE RUIG, 1990) mostren que la direcció de compressió oligoceno terminal-miocena mitja es va mantenir en una direcció més o menys constant NW-SE.

L'escurçament paral·lel a aquesta direcció de transport no s'ha pogut avaluar pel poc coneixement que es té de l'estructura cenozoica de moltes àrees de les Bètiques orientals i per les

intenses deformacions diapíriques i extensives que s'han desenvolupat amb posterioritat a l'emplaçament de les estructures contractives.

Respecte a la seqüència en què es va propagar aquest sistema imbricat d'encavalcaments, amb les dades disponibles tampoc ha estat possible discernir si els encavalcaments es van disposar en una seqüència de propagació de tipus coll-i-bé o es van propagar fora de seqüència. Així, no s'han observat encavalcaments que tallin estructures relacionades amb d'altres encavalcaments i els plecs que deformen els plans d'encavalcament semblen estar més relacionats amb migracions diapíriques tardanes del Keuper que amb l'emplaçament d'unitats en una seqüència de tipus coll-i-bé. Tanmateix, tal com es veurà en el subapartat de l'evolució estructural de l'àrea, l'edat progressivament més moderna que presenten les estructures contractives cap al NW, sembla indicar que a gran escala el sistema es va propagar en una seqüència de tipus coll-i-bé.

Per últim, dins de les estructures contractives de les Bètiques orientals, es presenten les principals característiques de l'encavalcament del Cavalló (figs. 157 i 159), el qual mereix un comentari a part per les implicacions que presenta alhora de situar el front de les estructures bètiques.

L'encavalcament del Cavalló separa la zona subtabular del Caroig de les estructures frontals ibèriques i es caracteritza per presentar una disposició d'arc obert cap al NNE i mostrar ben desenvolupat un anticlinal de rampa superior vergent cap al N, NE i ENE (segons el sector de l'arc). La distribució i orientació d'aquesta rampa de bloc superior indica un desplaçament de la làmina superior cap al NNE, que, a partir de les semifinestres tectòniques que s'observen al sud de la població de Duesaigües, s'ha avaluat d'un mínim de 2 km (fig. 159). Una altra característica d'aquest encavalcament és que deforma les estructures clarament ibèriques tant a escala mesostructural com macrostructural. Així, desenganxada a nivell del Keuper, la làmina d'encavalcament del Cavalló es diposa tallant i/o deformant els anticlinals de rampa superior dels encavalcaments ibèrics. Aquesta edat tardana de l'emplaçament de la làmina del Cavalló podria explicar la disposició en arc més o menys paral·lel a l'encavalcament, que presenten les estructures ibèriques que, desenganxades també a nivell de Keuper, es troben situades arran d'aquest (fig. 159). En efecte, l'emplaçament cap al NNE de la làmina d'encavalcament del Cavalló, en morfologia de tascó tancat cap al NNE, seria susceptible d'originar la marcada inflexió que exhibeixen, en aquestes àrees, les estructures ibèriques (figs. 115 i 159).

L'edat exacte d'emplaçament d'aquest encavalcament és difícil d'avaluar donada la manca de datacions de gran part dels materials cenozoics que hi són afectats. Així, en base a les dades cronostatigràfiques només es pot assegurar que l'emplaçament va tenir lloc entre l'Oligocè i el Miocè superior, ja que els dipòsits més moderns datats que són afectats per l'encavalcament s'han atribuït al Oligocè (GARCÍA-VÉLEZ *et al.*, 1981b) i el més antic que el fossilitzen són del Miocè superior (ROBLES, 1975; MEIN *et al.*, 1978; LENDÍNEZ *et al.*, 1980).

Les característiques d'aquest encavalcament no són, per tant, directament correlacionables amb cap dels dos sistemes de les estructures contractives de l'àrea valenciana (serralades Ibèrica i Bètica). En tal sentit, per a explicar la seva gènesi, s'han postulat dues hipòtesis que relacionen respectivament la

seva formació amb la fase de deformació ibèrica (Oligocè superior) i amb la fase de deformació bètica (Miocè mitjà).

La primera hipòtesi planteja la possibilitat que l'encavalcament del Cavalló sigui un retroencavalcament de la Serralada Ibèrica, i que per tant, tingui una edat oligocena superior-miocena basal. A favor d'aquesta hipòtesi hi està la posició de l'encavalcament arran de les estructures frontals ibèriques dirigides cap al SW i la direcció de transport que, si bé és en sentit oposat, és paral·lela a la de les estructures ibèriques de l'àrea. Els principals inconvenients que presenta, són: que afecta materials atribuïts al Miocè al SW del pic de Quencall (GARCÍA-VÉLEZ *et al.*, 1981b) i la seva evolució postcompressiva (reactivació com a falla normal) que no presenta cap similitud amb la del resta d'estructures ibèriques.

La segona hipòtesi postula, en canvi, que l'encavalcament del Cavalló de l'Aire sigui un encavalcament de la Serralada Bètica d'edat miocena mitjana. L'únic inconvenient destacable que planteja aquesta hipòtesi és la direcció de desplaçament de l'encavalcament que és quasi perpendicular a la direcció de transport regional cap al NNW. Tanmateix, cal assenyalar que més cap al SW, fora ja de l'àrea estudiada, a les parts frontals bètiques s'han reconegut encavalcaments que es disposen formant un arc obert cap al NNE (sectors de Hellín i Almansa).

Donat que la segona hipòtesi planteja molts menys inconvenients, en aquesta memòria s'ha considerat que l'encavalcament del Cavalló pertany al Sistema Bètic; no obstant, fins que no s'arribi a datar amb exactitud l'edat de les formacions "miocenes" que són afectades per l'encavalcament al SW del pic del Quencall, no es pot descartar del tot que aquests encavalcament correspongui a un retroencavalcament del Sistema Ibèric.

### **Evolució estructural de les Bètiques orientals**

A partir de les relacions geomètriques i estratigràfiques que s'observen entre les estructures descrites i les successions neògenes, es dedueix que l'evolució estructural de les Bètiques orientals es caracteritza per l'edificació d'un sistema contractiu que va anar involucrant sectors situats cada vegada en posicions més nordoccidentals. Així, mentre les successions aquitanianes i burdigalianes inferiors de l'àrea d'Ibi, Castalla i Alcoi ja denoten una activitat contractiva (PIERSON D'AUTRAY, 1987; OTT D'ESTEVOU *et al.*, 1988), a les àrees més septentrionals, les primeres manifestacions contractives no tenen lloc, almenys fins a partir del Languità. Prèviament a la implantació d'aquesta estructuració contractiva, en totes les àrees, predominaren les estructures extensives.

En general, dins de l'evolució tectonosedimentària de les Bètiques orientals, poden diferenciar-se tres gran etapes, que denoten aquesta propagació a coll-i-bé del sistema d'encavalcaments sobre un àrea afectada anteriorment per processos extensius.

*Aquitanià-Burdigalià inferior.* Aquest període de temps es caracteritza pel desenvolupament sincrònic d'estructures extensives a les àrees més septentrionals de les Bètiques orientals i de contractives a les àrees més meridionals. Així, durant l'Aquitanià, les successions d'aquesta edat denoten el desenvolupament simultani de falles normals NW-SE a les àrees situades al nord d'Alcoi i, més al sud (Ibi-Castalla), de petits plecs ENE-WSW. Aquestes successions han estat reconegudes únicament a les àrees més centrals de les Bètiques orientals, i mentre al nord d'Alcoi es troben restringides o presenten les seves fàcies més profundes arran de les falles NW-SE amb un moviment aparentment normal, al sud d'aquesta població, en canvi, es diposen amb una geometria interna de discordança progressiva al llarg de sinclinals ENE-WSW (OTT D'ESTEVOU et al., 1988).

Posteriorment, les característiques de les successions burdigalians mostren que el límit entre aquestes dues àrees diferentment estructurades va migrant progressivament cap al NNW, de manera que cada vegada les estructures extensives queden més restringides a l'extrem NNW de l'àrea de les Bètiques orientals. Així, les successions burdigalians únicament enregistren la presència d'una activitat extensiva a les fosses de Bicornb-Quesa on les successions continentals d'aquesta edat es diposen en tascó obert cap a les falles normals que limiten les fosses; a la resta d'àrees, les successions burdigalians se situen al llarg de sinclinals ENE-WSW i són formades per turbidites que inclouen gran quantitat d'olistòlits (CATER, 1987; PIERSON D'AUTRAY, 1987; OTT D'ESTEVOU et al., 1988) que enregistren la formació d'estructures d'aquesta direcció clarament vergents cap al NNW.

*Burdigalià superior-Serraval.lià inferior.* Aquesta intensificació i migració cap al NNW de l'activitat contractiva de les Bètiques orientals, es va perllongar al llarg de tot el Burdigalià superior i Languià, fins assolir el seu màxim en el Serraval.lià inferior. Així, dipositades en cubetes sinformes ENE-WSW, les successions burdigalo-languianes exhibeixen notables variacions de potència i de fàcies deposicionals, discordançes angulars progressives, falles hidroplàstiques, olistòlits i nivells olistostròmics (MOSELEY, 1973; PIERSON D'AUTRAY, 1987; OTT D'ESTEVOU et al., 1988), que denoten una important activitat tectònica sinsedimentària de caràcter compressiu. El període de màxima deformació contractiva s'ha situat en el Serraval.lià inferior ja que totes aquestes successions i les anteriorment dipositades es presenten afectades per la majoria de les estructures contractives de l'àrea, i que el Serraval.lià mitjà es disposa, freqüentment, subhoritzontal i fossilitzant gran part d'aquestes estructures.

*Serraval.lià superior-Tortonia basal.* Separades de les anteriors per una important discordança regional que enregistra la fi de la fase de màxima deformació contractiva de l'àrea, les successions serraval.lianes, tanmateix, encara denoten deformacions de tipus contractiu. En efecte, fossilitzant gran part de les estructures contractives que van afectar a la cobertura mesozoica i els dipòsits preserraval.lians, les successions serraval.lianes superiors mostren clivatges penetratius i petits plecs E-W a ENE-WSW (PIERSON D'AUTREY, 1987; GEEL et al., en premsa).

Dins d'aquesta història evolutiva, les deformacions i extrusions diapíriques, si bé es van perllongar de manera continuada al llarg de tot el Miocè, es van produir principalment durant l'extensió aquitano-burdigaliana inferior. Els afloraments triàsics de l'àrea es mostren predominantment



fossilitzats per successions d'edat burdigaliana (Montnegre i conjunt Bicornb-Quesa; DE RUIG, 1990 i SANTISTEBAN et al., 1989) o miocena superior (Finestrat; CATER, 1987).

### III-4.3.2: Àrees submergides del domini bètico-balear

Tal com ja s'ha exposat a l'apartat III-2, la delimitació de l'àrea submergida que va ser afectada per estructures contractives durant el Miocè inferior-mitjà, ha estat motiu de controvèrsia des de l'obtenció dels primers perfils de sísmica de reflexió en el solc de València. Des de llavors, el límit de les estructures contractives s'ha situat en posicions molt variades que van des d'aproximadament l'eix del solc fins arran de les illes Balears (fig. 82). Aquesta disparitat a l'hora de situar el límit entre les àrees deformades i no deformades per les estructures contractives miocenes inferior-mitjanes, ve originada, en gran part, per la poca resolució que presenten les línies sísmiques, en la part sudoriental del solc de València, a nivell del substrat preneogen i dels termes inferiors del reblliment de la Conca Catalano-balear (vegeu per exemple figs. 84-87).

Respecte a aquesta poca resolució en profunditat de les línies sísmiques, l'anàlisi dels perfils de sísmica de reflexió mostra que dins del solc de València es poden diferenciar: a) unes àrees nordoccidentals en les que es reconeix amb certa nitidesa l'estructura de les successions miocenes inferiors i mesozoiques, tot i estar més o menys fracturades, i b) unes àrees sudorientals en les quals les successions d'aquestes edats es caracteritzen per presentar nombroses hipèrboles que dificulten o impedeixen reconèixer la seva estructura. El límit entre aquestes dues àrees únicament s'ha pogut determinar amb precisió a les parts centrals i sudoccidentals del solc, on s'ha situat aproximadament al llarg de l'eix del solc de València. Cap al NE, passada la transversal Barcelona-Mallorca, aquesta subdivisió tan marcada desapareix, deixant lloc a la presència d'uniques àrees sudoccidentals adosades a les illes de Mallorca i Menorca on alternen sectors d'ambdòs tipus de característiques.

D'acord amb les característiques geomètriques i sísmiques que seran descrites amb més detall seguidament, s'ha considerat que les denominades àrees sudorientals es corresponen a la part submergida del domini bètico-balear, i que, per tant, el límit assenyalat coincideix amb el de la deformació contractiva neògena inferior.

#### Estructura

L'estructuració premiocena mitjana d'aquestes àrees, on el Mesozoic i el Miocè inferior-mitjà es presenten local o globalment amb una fàcies sísmica càdica i amb nombroses hipèrboles, es caracteritza per la individualització del Promontori Balear i la formació d'un conjunt de solcs i llindars orientats predominantment ENE-WSW a les parts sudorientals del solc de València. Correspon, per tant, a l'etapa en la qual es van definir els principals trets morfològics de la part sudoriental del solc de València.

El problema que es planteja a l'hora de situar el límit nordoccidental de la deformació contractiva a mar, és degut a la diferent interpretació que s'ha donat a les estructures que originen la individualització del Promontori Balear i la formació d'aquests solcs i llindars. És per això, que en aquest subapartat, a diferència dels anteriors, s'ha cregut convenient descriure en primer lloc les geometries i estructures observades, per passar més endavant a discutir les diferents hipòtesis postulades sobre el mecanisme generador de l'estructuració oligoceno terminal-miocena mitjana d'aquestes àrees.

Encara que en molts llocs no presenten solució de discontinuïtat entre un sector i altre, les diferències geomètriques observades i la diferent qualitat de la informació disponible han aconsellat descriure separadament les geometries i estructures oligoceno terminal-miocenes mitjanes observades en el Promontori Balear i a les àrees sudorientals del solc de València.

### *Promontori Balear.*

Aquest sector comprèn la part de la plataforma balear i del seu talús nordoccidental situats al SE de l'illa de Menorca. En aquestes àrees, i en especial a la part que configura la plataforma balear, els pocs perfils de sísmica de reflexió disponibles mostren una resolució en profunditat molt baixa, de manera que únicament es reconeix amb certa nitidesa la presència d'un conjunt de falles normals ENE-WSW que compartimenten l'àrea en un seguit de horsts i fosses reblertes de successions ben definides d'edat mioceno mitjana-quaternària (fig. 160; vegeu subapartat III- ).

Per sota d'aquestes successions, a la plataforma balear, els perfils sísmics denoten únicament la presència de nombrosos reflectors discontinus i poc definits que, diferentment inclinats cap al SE, es desenvolupen sobre un conjunt de litologies de fàcies sísmica bastant càdica (fig. 160). Encara que localment se situen en la prolongació en profunditat de les falles normals, la major part d'aquests reflectors inclinats cap al SE no presenten continuïtat a la cobertura postmiocena mitjana que es disposa generalment subhoritzontal o lleugerament inclinada cap al NW. Aquesta relació geomètrica indica que la disposició espacial que mostren els reflectors discontinus del substrat és anterior a la sedimentació del Miocè mitjà. El desconeixement de l'edat de les roques sobre les que se situa discordantment el Miocè mitjà-superior, impedeix, per altra banda, concretar més l'edat d'aquesta estructuració prèvia al desenvolupament de les falles normals mioceno mitjana-quaternàries.

Al talús nordoccidental del Promontori Balear, si bé la definició de la sísmica per sota de la discordança de la base del Grup de Castelló (Serraval·lià mitjà-Tortonjà) continua essent molt baixa, es reconeixen tanmateix alguns trets més d'aquesta estructuració premiocena mitjana. Així, amb un predomini dels reflectors subhorizontals i inclinats cap al SE, en aquestes àrees (fig. 161), s'observa que el substrat premiocè mitjà està configurat per una sèrie de cossos amb fàcies sísmiques diferents que, en funció de les seves característiques, es poden agrupar en: a) cossos amb fàcies sísmica càdica en la qual no es reconeixen reflectors interns, b) cossos amb reflectors discontinus de freqüència variable que s'inclinen preferentment cap al SE, i c) cossos amb nombroses hipèrboles que presenten reflectors diferentment orientats.

En general, la distribució espacial d'aquests tres tipus de cossos, que s'han atribuït respectivament al sòcol hercinià, Mesozoic i Miocè inferior, denota una geometria en graons que se situen en posicions cada vegada més profundes en direcció al solc de València (figs. 85, 86 i 161). Aquests graons, constituïts per cossos de tipologia b i localment, a (Paleozoic i Mesozoic), estan lleugerament inclinats cap al SE, i internament es caracteritzen per la presència de reflectors inclinats cap al SE que, més freqüents a la base i sostre, es perllonguen cap a l'interior del Promontori Balear. Per sobre d'aquests graons, normalment, se situen els cossos que s'han atribuït al Miocè inferior, els quals

presenten una estructura interna que ve marcada per un conjunt de reflectors regularment inclinats cap al SE que es mostren distorsionats per nombroses hipèrboles que augmenten d'amplitud i freqüència de NW a SE i de sostre a base.

El límit entre el sector del Promontori Balear i el de les parts sudorientals del solc de València, es correspon amb la base del més inferior d'aquests graons, el qual en el marge nordoccidental de Mallorca (fig. 161) és format total o parcialment per un cos litològic amb una fàcies sísmica caòtica d'alta freqüència en la qual no es reconeixen reflectors (Paleozoic). Aquest cos, que presenta adosat al NW un ampli (20 km) i profund (2.5-3 km) solc reblert de dipòsits miocens inferiors amb nombroses hipèrboles, és limitat inferiorment per un nivell inclinat cap al SE a partir del qual la fàcies sísmica caòtica deixa de ser d'alta freqüència i augmenta el nombre de sorolls, difraccions i hipèrboles.

En resum s'observa que l'estructura premiocena mitjana del Promontori Balear es caracteritza per la formació o desenvolupament d'un conjunt de reflectors subhorizontals o inclinats cap al SE, que en el talús nordoccidental del Promontori limiten una sèrie de cossos que es diposen de forma esgraonada. El tipus d'estructura que dóna aquesta geometria no està clara, però cal assenyalar, que en cap de les línies analitzades d'aquest sector s'han reconegut falles normals de salt hectomètric a quilomètric que s'hagin desenvolupat amb anterioritat a la sedimentació miocena mitjana.

#### *Àrees sudorientals del solc de València.*

En aquest sector incloem les àrees submergides del domini que, aproximadament, se situen entre l'eix del solc de València i la base del talús del Promontori Balear. En aquestes àrees, a diferència de les del Promontori, els perfils de sísmica de reflexió exhibeixen una major definició en profunditat, de manera que permeten reconèixer els principals trets de l'estructura oligoceno terminal-miocena mitjana. Així, en conjunt, els perfils sísmics mostren que les successions preserraval·lianes d'aquest sector estan estructurades en un seguit d'unitats inclinades cap al SSE que, amb unes amplades pluriquilomètriques, inclouen un substrat precenozoic i una sèrie de rebliment oligoceno terminal-miocena mitjana (figs. 85, 86, 87 i 162). Separades unes de les altres per uns trams curts que s'inclinen més de 25° cap al NNW, en totes aquestes unitats s'observa que el sostre del substrat precenozoic es disposa generalment inclinat uns 3-8° cap al SSE.

L'estructura interna del substrat dins de cada unitat queda reflectida per la presència de reflectors més o menys continus que es troben ben desenvolupats a les àrees més meridionals del domini. Aquests reflectors mostren, en bastants unitats, la presència d'estructures antifomes en les seves parts més nordoccidentals. En efecte, si bé dins de cada unitat els reflectors es troben majoritàriament inclinats cap al SE, a les parts més superficials del seu extrem nordoccidental és freqüent que aquests passin a disposar-se subhoritzontalment i/o lleugerament inclinats cap al NW (fig. 162). Entre el conjunt de reflectors reconeguts a l'interior d'aquestes unitats, cal assenyalar la presència habitual d'una banda de reflectors inclinats cap al SE que se situen en la que seria la prolongació sudoriental del sostre de la unitat situada immediatament al NW.

Per sobre del substrat, i omplint els profunds solcs ENE-WSW ( 1200-4000 m) que es generen a les parts més deprimides d'aquestes unitats (extrem SE), el rebliment oligoceno terminal-miocè mostra una estructura interna també força complexa. Configurat per un conjunt de reflectors més o menys continus que es disposen lleugerament inclinats cap al SE, el rebliment oligoceno terminal-miocè mitjà es caracteritza per la presència de nombroses hipèrboles, difraccions i sorolls que, dins de cada solc, s'incrementen quant a nombre i intensitat de NNW a SSE. Així, en general i dins de cada solc es poden distingir tres dominis amb característiques diferents que mostren un trànsit gradual entre ells (fig. 162):

a) un domini nordoccidental en el qual es reconeixen un conjunt de reflectors lleugerament inclinats cap al SSE o subhorizontals que es disposen paral·lelament o lleugerament onlapant el substrat inclinat també cap al SSE.

b) un domini sudoriental que, situat arran del marge SSE del solc, es caracteritza per la presència de nombroses hipèrboles i sorolls que emmascaren l'estructura interna del rebliment. En aquest domini s'observa que el nombre de reflexions disminueix cap al sostre i NNW, de manera que la zona amb màxima densitat d'hipèrboles se situa, amb una morfologia triangular, arran de l'escarpament que limita sudorientalment el solc.

c) un domini central en el qual, si bé ja es reconeixen reflectors inclinats cap al SSE, encara hi ha nombroses hipèrboles que es distribueixen, en alguns casos, al llarg d'estretes bandes subhorizontals o lleugerament inclinades al SE.

A més, a les àrees sudoccidentals del solc de València i a l'igual que en el Promontori Balear, els perfils de sísmica de reflexió profunda mostren que, per sota d'aquestes unitats, l'escorça superior està estructurada en un seguit de reflectors que s'inclinen també preferentment cap al SE (fig. 130).

Quant a les estructures tectòniques reconegudes en aquestes àrees, les línies sísmiques mostren puntualment la presència d'uns pocs encavalcaments, plecs i falles normals.

De plecs i encavalcaments, només se n'han reconegut amb claretat, a les àrees sudoccidentals del solc de València just davant de la plataforma d'Eivissa (figs. 163 i 164). En aquestes àrees, les línies sísmiques mostren la presència d'unitats constituïdes per materials mesozoics i miocens inferiors que, inclinades suaument cap al SE, encavalquen unes sobre les altres. En efecte, a les parts més nordoccidentals d'algunes d'aquestes unitats, s'observa que mitjantçant un plà subhoritzontal o lleugerament inclinat cap al SE, per sota dels materials mesozoics es disposen primer materials miocens inferior-mitjans i després mesozoics que corresponen a la prolongació cap al SE de la unitat situada immediatament al NW. La disposició geomètrica dels dipòsits miocens situats per sota d'aquests encavalcaments és difícil de determinar donat el gran nombre d'hipèrboles que presenten, les quals, a l'igual que en la resta de solcs de les àrees submergides de SE del solc de València disminueixen, ja fora de l'àrea de superposició, progressivament cap al NW i sostre de la sèrie de rebliment oligoceno terminal-miocena mitjana.

El poc nombre d'encavalcaments observats i la disponibilitat de tan sols de dues direccions en els talls (NE-SW i NW-SE), fa que sigui difícil dilucidar amb exactitud la direcció d'imbricació d'aquestes làmines d'encavalcament. Tanmateix, l'observació en els perfils sísmics NE-SW d'imbricacions cap al SW i de cap al NW en els perfils orientats NW-SE, conjuntament amb la traça ENE-WSW a NNE-SSW dels encavalcaments, semblen indicar que la direcció d'imbricació de les làmines va ser segons una direcció que aniria des de cap al NNW fins cap a l'W.

Els perfils sísmics que tallen aquestes làmines d'encavalcament mostren també que aquestes, en molts casos, es troben deformades per plecs que semblen genèticament relacionats amb la formació d'encavalcaments de salt hectomètric (fig. 163). Les característiques d'aquests plecs no s'han pogut determinar degut a la poca definició que presenta la sísmica en profunditat i a les dificultats que es plantejen a l'hora de correlacionar estructures de magnitud hectomètriques entre línies que es troben moltes vegades separades més de 10 km. L'edat oligoceno terminal-miocena mitjana d'aquests plecs queda enregistrada pel fet que es mostren ben desenvolupats en el Mesozoic i són fossilitzats per les successions del Grup de Castelló (Serraval·lià mitjà-Tortonià mitjà).

A diferència dels plecs i encavalcaments, de falles normals preserraval·lianes se'n han reconegut al llarg de tot el conjunt de les àrees sudorientals del solc de València. Aquestes falles, desenvolupades principalment per sobre de les unitats més nordoccidentals d'aquest domini, es caracteritzen per presentar salts inferiors als 500 m i una orientació que varia, generalment, entre ENE-WSW a NNE-SWW (figs. 138 i 162). Normalment, les falles normals d'aquesta edat només afecten els termes inferiors del rebliment oligoceno terminal-miocè mitjà i presenten a les seves parts més superficials una morfologia plana.

### Interpretació estructural

Per tal d'explicar els grans trets de l'estructura oligoceno terminal-miocena mitjana del Promontori Balear i de les àrees sudorientals del solc de València s'han postulat tres grans grups d'hipòtesis (fig. 165): a) les que consideren que aquesta és majoritàriament el resultat del desenvolupament de processos extensius, b) les que lligen l'estructuració del Promontori Balear a processos compressius i la de les àrees emergides a processos extensius, i c) les que postulen que l'estructura de tot el conjunt de l'àrea ve generada principalment per processos compressius.

Defensada per un gran nombre d'autors (AUZENDE *et al.*, 1972; MAUFFRET, 1976; DOBLAS i OYARZUN, 1989; MAILLARD *et al.*, en premsa), el primer grup d'hipòtesis, si bé en algunes d'elles admeten l'existència d'estructures contractives davant d'Eivissa, consideren que l'estructura oligoceno terminal-miocena mitjana del Promontori Balear i de les àrees sudorientals del solc de València ve generada primordialment per falles extensives. Així, el desnivell que existeix entre la plataforma balear i el fons del solc de València, i la geometria en unitats inclinades cap al SE que mostren les parts sudorientals del solc, són interpretades com el resultat del moviment extensiu de falles normals orientades ENE-WSW que s'inclinen preferentment cap al NNW. Segons aquestes hipòtesis, la imatge sísmica amb nombroses hipèrboles que presenta el Miocè inferior-mitjà i el substrat

preneogen en la part SE del solc de València, és deguda a la presència, dins d'aquestes unitats estratigràfiques, d'extenses intercalacions de dipòsits volcànics i volcanosedimentaris.

El segon grup d'hipòtesis ha estat postulat recentment en un intent de compaginar l'aprimament cortical del solc de València amb la presència d'encavalcaments a les illes de Mallorca i Eivissa i en el talús nordoccidental d'aquesta illa (WATTS *et al.*, 1990a; TORRES, 1991). Segons aquestes hipòtesis mentre l'estructura del Promontori Balear és el resultat, en gran part, de la superposició d'unes quantes làmines d'encavalcament, l'estructura en solcs i llindars orientats ENE-WSW que mostra la part sudoriental del solc de València ve originada pel moviment normal de falles ENE-WSW. En aquestes hipòtesis, per tant, el límit entre les macrostructures compressives i extensives queda fixat en la part inferior del talús nordoccidental de la plataforma balear. La fàcies sísmica de la base del rebliment de les parts SE del solc de València resulta de la presència de dipòsits volcanosedimentaris o de petites deformacions contractives generades davant de les macrostructures del Promontori Balear (TORRES, 1991).

El tercer i darrer grup d'hipòtesis, en canvi, interpreta que l'estructura preserraval.liana de les àrees situades al SE de l'eix del solc de València és el resultat de l'emplaçament de diverses unitats provinents del SE (FERNÁNDEZ-ORTIGOSA i ROCA, 1989; FONTBOTÉ *et al.*, 1990; ROCA *et al.*, 1990a; ROCA i DESEGAULX, en premsa). Així, en aquestes interpretacions, el Promontori Balear resultaria de l'apilament de vàries làmines d'encavalcament que involucrarien el sòcol hercinià, i l'estructura en solcs i llindars ENE-WSW de les parts sudorientals del solc vindria donada per la presència d'un sistema de làmines imbricades que mostrarien entre elles una superposició poc important (<10 km). Segons aquestes hipòtesis, l'emplaçament d'aquestes darreres làmines, que es realitzaria per processos gravitacionals (SOLER *et al.*, 1983) o contractius (FONTBOTÉ *et al.*, 1990), generaria la deformació de les successions preserraval.lianes i per tant la seva imatge sísmica amb nombroses hipèrboles i sorolls.

Les geometries i estructures observades a la part submergida del Promontori Balear i a la part sudoriental del solc de València (vegeu més amunt), apunten molt més a una estructuració oligoceno terminal-miocena mitjana generada per processos compressius que per extensius. Així, en contra d'una estructuració extensiva d'aquestes àrees poden invocar-se un seguit d'arguments, entre els que destaquen:

1) L'absència de falles normals clares que, amb una edat preserraval.liana, presentin uns salts que s'apropin als desnivells observats entre les diferents unitats en les que es troba estructurat el substrat preserraval.lià (1.2-3.5 km). Les úniques falles normals d'aquesta edat que han estat ben caracteritzades sísmicament exhibeixen desplaçaments normals inferiors als 500 m i només s'han reconegut a les parts més nordoccidentals de la part sudoriental del solc de València.

2) La disposició geomètrica de les successions oligoceno terminal-miocenes mitjanes que presenten arran de la base del Promontori Balear. En el cas que el desnivell entre la plataforma balear i el fons del solc de València corresponés a una falla normal d'edat

oligoceno terminal-miocena mitjana i de salt, per tant, superior als 2 km, en el bloc enfonsat, les successions oligoceno terminal-miocenes mitjanes haurien d'engruixir-se considerablement i disposar-se en una clara geometria de ventall obert en direcció a la falla. En canvi, en els perfils sísmics de l'àrea es constata que, si bé hi ha un cert engruiximent de les successions d'aquesta edat de NW a SE al llarg de tot el solc, arran del talús del Promontori Balear no s'observa cap disposició clara en ventall obert cap al promontori.

3) Els problemes espacials que es generarien en el cas que l'estructura en unitats inclinades cap al SE de la part sudoriental del solc de València, fos el resultat del moviment de falles normals (fig. 166). La inclinació més o menys uniforme cap al SE que presenten les diferents unitats i l'amplada d'aquestes (7-31 km), implica que, si estiguessin limitades per falles normals, aquestes haurien de presentar una geometria planar o lística amb un nivell de desenganxament situat com a mínim a més de 18 km de profunditat. D'aquestes dues possibilitats, la segona queda descartada pel fet que les dades sísmiques mostren que a una profunditat d'uns 8-10 km per sota de la base del rebliment neogen de la part sudoriental del solc de València, la Moho es disposa més o menys pla i sense decalatges que denotin la presència de falles normals que el tallin. Quant a la possibilitat que siguin falles de geometria planar, la gran amplada i la inclinació d'uns 3-8° que presentarien els blocs situats entre falla i falla donarien lloc a la presència d'uns espais vuits per sota de les parts aixecades dels blocs que haurien de ser compensats per deformacions dúctils en la part inferior de l'escorça. Així, segons aquesta distribució geomètrica (fig.166) i sota d'aquestes parts elevades, hauria d'haver-hi uns 8 km d'escorça amb comportament fràgil i per sota uns 3-4 km d'escorça amb comportament dúctil. En canvi, les dades de sísmica mostren que en el conjunt de l'àrea del solc de València no hi ha preservada una escorça inferior i que les velocitats de l'escorça són típiques d'una escorça superior de comportament fràgil.

4) La gran extensió i potència de les hipotètiques acumulacions de roques volcanosedimentàries que generarien les nombroses hipèrboles que presenten les successions preserraval·lianes de la part sudoriental del solc de València. En efecte, per bé que la presència de roques volcàniques i volcanosedimentàries d'aquesta edat està probada (vegeu apartat II-5), fins a l'actualitat, les roques volcàniques reconegudes es disposen o bé formant grans edificis de clara morfologia cònica (fig. 76) o en nivells piroclàstics de morfologia subtabular que no superen els 20 m de potència. Així mateix, si les hipèrboles i sorolls observats fossin generades en la seva major part per potents acumulacions volcanosedimentàries hi haurien d'haver, en la part sudoriental del solc de València, nombroses anomalies magnètiques; anomalies, que per exemple, no s'observen al NW de l'illa de Mallorca on les hipèrboles són força abundants.

5) La disposició subhoritzontal o lleugerament inclinada cap al SE que mostren la majoria dels reflectors i l'aparent continuïtat que aquests exhibeixen per sota del conjunt de les unitats morfoestructurals diferenciades (figs. 85, 130 i 161). Disposició que no concorda amb la presència de grans falles normals inclinades cap al NW que generarien: a)



important decalatges en els diferents conjunts de reflectors observats, b) variacions longitudinals de la inclinació dels reflectors i c) la formació de reflectors inclinats al NW que se situarien en la prolongació de la seva hipotètica traça en superfície.

Per contra, la interpretació de l'estructura oligoceno terminal-miocena mitjana de la part sudoriental del solc de València com a resultat de processos compressius (plecs i encavalcaments) presenta els següents arguments a favor:

1) La constatació clara, a les àrees més meridionals del solc de València, de l'existència de plecs i encavalcaments que involucren materials d'edats mesozoica i miocena inferior, el desplaçament dels quals cap al NW és d'un mínim de 5 km, i per tant considerablement major al de qualsevol falla normal observada (<500 m).

2) La similitud que presenta la geometria de les diferents unitats inclinades cap al SE que configuren l'estructura de tota la part sudoriental del solc de València, amb l'observada a les làmines d'encavalcament de la part meridional del solc i del Prebètic de València i Alacant (àrees emergides). Amb una mateixa orientació ENE-WSW, les làmines d'encavalcament del Prebètic i sud del solc de València es diposen formant un sistema imbricat que presenta una morfologia en solcs i llindars ENE-WSW força similar a la descrita a la part sudoriental del solc de València (compareu figs. 85, 156, 157 i 162). Les variacions en el cabussament dels reflectors que s'observen a les parts més NNW d'algunes de les unitats submergides, en tal cas, podrien ser equivalents als anticlinals que s'observen a les parts més frontals (NNW) de les làmines d'encavalcament del Prebètic.

3) La desaparició de la majoria dels problemes d'espai que es plantegen en els models extensius en correlacionar l'estructura de la Moho amb la de les parts superiors de l'escorça (vegeu punt 3 dels arguments en contra dels models extensius). En efecte, la marcada diferència d'estructura que s'observa entre la Moho que es diposa plà i la part superior de l'escorça que es troba estructurada en àmplies unitats inclinades cap al SSE, queda fàcilment solucionada si es considera que l'estructura de l'àrea reflecteix un sistema de làmines imbricades cap al NNW que es troben desenganxades a nivell intracortical.

4) La disminució del nombre d'hipèrboles que, de SSE a NNW, s'observa a les successions oligoceno terminal-miocenes mitjanes que rebleixen les cubetes ENE-WSW de la part SE del solc de València. Aquesta disposició geomètrica, difícilment explicable amb un model extensiu, és, en canvi, fàcilment correlacionable si considerem que les hipèrboles reflecteixen deformacions tectòniques generades per l'emplaçament d'una làmina d'encavalcament al SSE del solc. D'acord amb aquesta interpretació, davant dels encavalcaments ben caracteritzats de la part meridional del solc de València, els perfils sísmics mostren també que el nombre d'hipèrboles desenvolupades en el rebliment oligoceno terminal-miocè mitjà disminueixen en nombre i intensitat cap al NNW (fig. 164). Més al sudoest, en el Prebètic d'Alacant i València, també apuntant a aquesta interpretació de la formació i distribució de les hipèrboles, s'observa com, dins de cada

làmina, les deformacions miocenes inferior-mitjanes disminueixen progressivament de SSE a NNW.

5) La disposició subhoritzontal o lleugerament inclinada cap al SE que mostren la majoria dels reflectors reconeguts a l'escorça superior i l'aparent continuïtat que aquests presenten per sota del conjunt de les unitats morfoestructurals diferenciades. Aquesta geometria indica que l'estructuració d'aquestes àrees es va realitzar per estructures de tipus essencialment tangencial. Igualment, les nombroses falles lístriques postlanguianes inclinades preferentment cap al SE que s'observen a la part sudoriental del solc de València, denoten la presència a l'escorça superior de nivells de desenganxament subhoritzontals o lleugerament inclinats cap al SE.

De tots aquests arguments, es pot concloure que l'estructura oligoceno terminal-miocena mitjana del Promontori Balear i de les àrees sudorientals del solc de València va ser generada per l'emplaçament de diverses làmines d'encavalcament que, a l'igual que a la resta de l'edifici bètic, disminueixen d'al.loctonia de SSE a NNW. En funció del solapament que mostren les làmines d'encavalcament, dins d'aquest sistema d'encavalcaments imbricats majoritàriament cap al NNW, pot diferenciar-se: a) un sector sudoriental que es correspon amb el Promontori Balear i que es caracteritza per un apilament de diverses unitats encavalcants formades per sistemes de làmines imbricades; i b) un sector nordoccidental (àrees sudorientals del solc de València) constituït aparentment per un únic sistema imbricat de làmines d'encavalcament que, a l'igual que en el Prebètic, presenten un solapament entre elles poc significatiu (<25%).

La posició estratigràfica del nivell de desenganxament de tot aquest conjunt de làmines és difícil de determinar tant per la poca definició que presenten les línies sísmiques en profunditat com pel desconeixement de l'edat i composició litològica de la majoria de les roques que configuren el substrat de les làmines d'encavalcament. Així, l'únic lloc en el qual aquest s'ha pogut determinar és a les parts més nordoccidentals del sector meridional del solc de València, on es troben col.locats el dos únics sondatges petroliers (Cabriel B2-A i Ibiza Marino An-1) i la sísmica presenta una relativa bona resolució en profunditat. En aquestes àrees, a partir del comportament diapíric de les litologies que configuren la base dels encavalcaments i la continuïtat lateral que presenten, per sota del sistema imbricat, els reflectors d'alta intensitat del sostre del sòcol hercinià, s'ha situat el nivell de desenganxament basal de les làmines d'encavalcament en les successions lutítico-evaporítiques del Triàsic superior.

Quant a la profunditat a la que es troba el nivell desenganxament basal, si considerem que l'estructura de les àrees sudorientals del solc de València es correspon a un simple sistema imbricat, aquesta queda determinada per la potència de les làmines d'encavalcament que en les àrees centrals del solc és d'aproximadament uns 5 km. Cal assenyalar que l'acceptació d'aquesta posició del nivell de desenganxament basal implica que, almenys a les àrees pròximes a l'eix del solc de València, el nivell de desenganxament basal de les estructures contractives se situaria prop de la Moho.

A més, a partir de la traça predominantment NE-SW dels plecs i encavalcaments, s'ha deduït que la direcció de transport de les unitats encavalcants de les àrees submergides del domini bètico-balear va ser aproximadament cap al NW. L'escurçament paral·lel a aquesta suposada direcció de transport no s'ha pogut avaluar pel poc coneixement que es té de l'estructura cenozoica de l'àrea i per les intenses deformacions diapíriques i extensives que s'han desenvolupat amb posterioritat a l'emplaçament de les estructures contractives.

Respecte a la seqüència en què es va propagar aquest sistema imbricat d'encavalcaments, amb les dades disponibles tampoc ha estat possible discernir si els encavalcaments es van disposar en una seqüència de propagació de tipus coll-i-bé o es van propagar fora de seqüència. Tanmateix, l'edat aparentment més moderna que presenten les estructures contractives cap al NW, sembla indicar que a gran escala el sistema es va propagar en una seqüència de tipus coll-i-bé (vegeu subapartat següent).

### **Evolució estructural de l'àrees submergides**

La gran quantitat d'hipèrboles que presenten la major part de les successions neògenes adosades a les diferents estructures contractives impossibilita gairebé d'una forma total el reconeixement de la geometria interna d'aquestes successions, i per tant, de la relació espacial i geomètrica que guarden amb les estructures contractives adjacents. Aquest desconeixement de la disposició geomètrica interna de les successions, conjuntament amb la manca de sondatges que tallin tot el rebliment neogen d'aquestes àrees, dóna lloc a què amb les dades disponibles no s'hagi pogut determinar ni l'edat en què van començar a desenvolupar-se les estructures contractives, ni l'evolució temporal de l'estructuració contractiva de l'àrea submergida del domini bètico-balear.

En canvi, sí que s'ha pogut fixar el final de l'estructuració contractiva de l'àrea. La posició estratigràfica del sostre de les successions afectades per la deformació contractiva i de l'inici del recobriment expansiu dels relleus generats durant la compressió, mostren que la finalització de l'estructuració compressiva d'aquestes àrees no va ser isocròna, sinó que es va produir en primer lloc a les àrees internes (SE) i posteriorment a les àrees més externes (NW). En efecte, mentre a les àrees internes es constata que la part superior de les Unitats Neògenes Inferiors (Languià superior-Serraval·lià inferior) ja es disposa més o menys subhoritzontal fossilitzant les successions amb fàcies càdica i els relleus generats per les estructures compressives (fig. 162), més al nord-oest, a les àrees externes, s'observa que tots els primers dipòsits que es disposen horitzontalment corresponen al sostre de les Unitats Neògenes Inferiors o inclús a la base del Grup de Castelló (fig. 163; Serraval·lià inferior-mitjà). D'acord amb aquesta modernització cap al NW de l'edat en què va finalitzar l'estructuració contractiva, en alguns perfils que tallen les estructures contractives més nordoccidentals del sistema, s'ha constatat que la discontinuïtat que separa el Grup de Castelló i les Unitats Neògenes Inferiors es troba afectada per falles inverses (fig. 167). Aquesta evolució espacial i temporal de la fi de la compressió, suggereix que el sistema d'encavalcaments es va propagar, almenys en els seus estadis finals, en una seqüència de tipus coll-i-bé.

Quant a l'edat de les estructures extensives que es troben desenvolupades en totes aquestes àrees, les dades recollides mostren que són molt poques les que van ser actives sincrònicament a la

deposició de les Unitats Neògenes Inferiors. La gran majoria de les falles extensives tallen tot el conjunt d'aquestes unitats sense que els dipòsits que les configuren presentin engruiximents o discordances internes que puguin denotar un moviment de les falles sincrònic a la sedimentació (figs. 85-87, 162 i 163). L'única excepció, la constitueixen un seguit de falles amb salt inferior als 500 m que, observades a les àrees poc deformades contractivament, afecten només la part inferior de les successions de les Unitats Neògenes Inferiors. En el bloc superior d'aquestes falles, quan la resolució de la sísmica ho permet, es reconeix com les successions de la base del rebliment neogen es disposen en una morfologia de tascó obert cap a la falla, denotant que el moviment d'aquestes es va produir principalment durant l'inici del rebliment de la Conca Catalano-balear (Oligocè superior-Miocè inferior).

En conjunt, a partir d'aquestes dades es pot concloure que l'evolució oligoceno terminal-miocena mitjana de les àrees submergides del domini bètico-balear es caracteritza per: a) el desenvolupament durant el Miocè inferior d'una etapa d'estructuració extensiva que afectaria almenys les parts més externes (NW) del domini submergit; i b) l'edificació d'un sistema contractiu del qual només es coneix, i d'una forma poc precisa, l'edat en què van de deixar d'actuar les estructures contractives (Languià superior-Serraval·lià mitjà).

### III-4.3.3: Model estructural

El conjunt de les dades mesoestructurals i macroestructurals que s'han recopilat a les àrees emergides i submergides del domini bètico-balear posen de manifest que l'estructuració oligoceno superior-miocena mitjana d'aquest domini es va realitzar en una situació regional molt més complexa que la del domini catalano-valencià (fig. 168). En efecte, si bé la situació tectònica regional va ser principalment compressiva amb una direcció de màxim escurçament WNW-ESE i NNW-SSE, les dades mostren que, inicialment i a les àrees més nordoccidentals del domini (Prebètic i àrees sudest del solc de València), la situació predominant va ser en canvi de tipus extensiu. Així doncs, en aquests sectors, s'haurien de definir dos models estructurals diferents, un referent a l'estructuració extensiva premiocena mitjana i un altre referent a l'estructuració compressiva miocena mitjana.

Respecte al primer model, el desconeixement de les característiques de gran part de les estructures generades per aquesta extensió d'edat premiocena mitjana (vegeu descripció del diferents sectors nordoccidentals del domini), dóna lloc a què, a partir d'elles, sigui força difícil d'elaborar un model estructural general. Ara bé, si tenim en compte que la similitud, quant a orientació (ENE-WSW a N-S) i edat de formació (Oligocè terminal-Miocè basal) de les estructures generades per aquesta extensió premiocena mitjana i les de les àrees adjacents del domini catalano-valencià apunta a què totes elles pertanyen a un mateix sistema extensiu, es pot assumir que el model estructural de l'extensió premiocena mitjana de la part nordoccidental del domini bètico-balear va ser el mateix que el del domini catalano-valencià. Segons aquesta interpretació, caldria doncs considerar les estructures extensives premiocenes mitjanes de les àrees nordoccidentals del domini bètico-balear com a estructures del sistema extensiu del domini catalano-valencià que haurien estat posteriorment integrades en l'edifici compressiu bètico-balear (fig. 169).

Pel que fa referència a la compressió, a partir de les característiques de l'estructuració oligoceno terminal-miocena mitjana observades en els diversos sectors que configuren el domini bètico-balear, es pot concloure que la compressió en aquest domini es va dur a terme segons el següent esquema:

1) La compressió es va concretar en el desenvolupament d'un edifici d'encavalcaments que s'engruixeix cap al SE, passant de tenir uns 2-4 km de potència a les àrees nordoccidentals a uns 8-12 km en el Promontori Balear. Ben acotat aquest gruix a les àrees nordoccidentals (Bètiques orientals i àrees submergides del solc de València) a partir dels talls compensats i la interpretació dels perfils de sísmica de reflexió, sota el Promontori Balear és molt més imprecis, ja que s'ha determinat partint de: a) l'extrapolació cap al SE de l'encavalcament basal interpretat a les línies sísmiques del solc de València, que indica que aquest es troba uns 12 km per sota del Promontori Balear (FONTBOTÉ *et al.*, 1990; ROCA i DESEGAULX, en premsa); b) la presència d'un sobtat canvi de la velocitat de les ones sísmiques que passen a una profunditat de 7 km de 5 a 6 km/s (BANDA *et al.*, 1980); i c) la presència de reflectors inclinats cap al SE a profunditats pròximes al trànsit escorça superior-escorça inferior (TORRES, 1991), el qual, d'acord amb les dades sísmiques de PASCAL *et al.* (en premsa), s'ha situat a uns 14 km de profunditat. Segons aquesta variació del gruix del tascó orogènic de NW a SE, el nivell de desenganxament basal es trobaria a les àrees centrals del solc de València a una profunditat pròxima al Moho, i al Promontori Balear en una posició intracortical.

2) La gran majoria de les estructures contractives observades en superfície s'arrelen a nivells de desenganxament més somers situats a la cobertura mesozoico-paleògena. Així, a excepció de les làmines més inferiors de les Serres de Tramuntana de Mallorca que involucren materials del sòcol hercinià i que per tant podrien indicar un nivell de desenganxament situat en aquests materials, a la resta de làmines d'encavalcament que afloren en el domini bètico-balear es constata que el seu nivell de desenganxament se situa en una posició intramesozoica. Dins de la cobertura, els nivells estratigràfics on més freqüentment s'arrelen les estructures contractives són les successions lutfíco-evaporítiques del Triàsic superior (Keuper) i mitjà (Muschelkalk mitjà). A part d'aquests nivells de desenganxament majoritaris, a les Serres de Tramuntana s'han observat encavalcaments arrelats en els dipòsits lutfícs del Permian i del sostre del Buntsandstein (fàcies "Röt").

3) El tascó orogènic es format per dos conjunts de sistemes d'encavalcaments que involucren respectivament materials pretriàsics superiors (sòcol hercinià, Permian, Buntsandstein i Muschelkalk) i de la cobertura triàsico superior-cenozoica.

La geometria dels encavalcaments que constitueixen el primer sistema és molt poc coneguda. En efecte, l'absència gairebé total d'afloraments de roques hercinianes i/o triàsiques inferior-mitjanes involucrades en el sistema d'encavalcaments i la fàcies sísmica caòtica que mostren habitualment aquests materials, impedeixen reconèixer en la major part del domini la geometria dels encavalcaments que els afecten. Tanmateix, per la seva situació entre el nivell de desenganxament basal i les successions lutfíco-evaporítiques del Keuper que actuen com a nivell de desenganxament regional, és lògic pensar que estigui estructurat en "horses" (làmines d'encavalcament envoltades per tot arreu per superfícies d'encavalcament). A les àrees on el Keuper va ser erosionat prèviament al Neogen (unitat inferior de les Serres de Tramuntana d'en FALLOT, 1922), l'estructura contractiva passa a ser la d'un sistema imbricat d'encavalcaments.

Per la seva banda, les característiques geomètriques del sistema d'encavalcaments que structuren la cobertura triàsico superior-cenozoica són molt més ben conegudes. A excepció de la Zona Prebètica de les Bètiques orientals i de la zona sudoriental del solc de València que estan formades per una única unitat, la cobertura es presenta estructurada en un apilament d'unitats encavalcants desenganxades majoritàriament a nivell de Keuper. Limitades inferiorment per encavalcaments més o menys subhoritzontals, aquestes unitats exhibeixen una estructura interna relativament complexa: constituïdes predominantment per plecs vergents cap al NW i làmines d'encavalcament que s'imbriquen en el mateix sentit, aquestes unitats encavalcants mostren la presència de nombroses estructures laterals que queden reflectides pel desenvolupament de plecs i imbricacions diferentment orientades. Dins del domini bètico-balear, aquesta complexitat s'incrementa de NW a SE, de manera que mentre les unitats més nordoccidentals són formades per plecs i làmines imbricades predominantment cap al NW, les unitats més sudorientals (Serres de Llevant de Mallorca) són integrades per làmines d'encavalcament que, si bé s'imbriquen cap al NW, freqüentment també ho fan en direccions diferents a la NW (SW i W principalment).

4) La direcció de màxim escurçament va ser NNW-SSE a NW-SE, tal com queda reflectit per l'orientació predominant ENE-WSW a NE-SW dels plecs i encavalcaments oligoceno terminal-miocens mitjans del domini. Localment, a les àrees on hi ha imbricacions dirigides cap a l'W o SW, també és produeixen escurçaments E-W i NE-SW que, localment, poden arribar a presentar valors similars al regional NW-SE.

5) Si bé aparentment en un grau inferior que en el domini catalano-valencià, l'estructura oligoceno terminal-miocena mitjana del domini bètico-balear es troba també condicionada per l'estructura mesozoica. En efecte, encara que no s'han observat criteris directes que indiquin que els encavalcaments corresponen a antigues falles mesozoiques reactivades, la presència de variacions sobtades de la potència i fàcies entre làmines d'encavalcament adjacents (per exemple a Eivissa) suggereix que part dels encavalcaments es podrien correspondre a antigues falles normals reactivades. En aquest sentit, cal recordar que els estudis estratigràfics i tectònics duts a terme en el Sistema Bètic mostren clarament que aquest es correspon amb un antic marge pasiu mesozoic estructurat contractivament durant el Cenozoic (GARCÍA-HERNÁNDEZ *et al.*, 1980; MARTÍNEZ DEL OLMO *et al.*, 1986; VERA, 1988).

6) La deformació contractiva no és uniforme quant a intensitat en tot el domini bètico-balear, sinó que disminueix d'una forma més o menys progressiva de SE a NW. Així, mentre les àrees més sudorientals (Promontori Balear, SE de les Bètiques orientals) estan estructurades en un apilament d'unitats imbricades que presenten desplaçaments moltes vegades superiors als 10 km, a les àrees més nordoccidentals (sector SE del solc de València i NW de les Bètiques orientals), en canvi, es troben estructurades en un únic sistema de làmines imbricades que presenten normalment desplaçaments inferiors als 2 km.

7) La direcció de transport de les diferents unitats encavalcants va ser preponderantment cap al NW i NNW, tal com es dedueix a partir de la disposició espacial de les rampes associades als encavalcaments (dirigides en tots els sentits, però principalment cap al NW) i de l'orientació WNW-ESE a NNW-SSE de les falles direccionals desenvolupades sincrònicament amb els encavalcaments ("tear-faults"). Segons aquesta direcció de transport, doncs, les estructures contractives (plecs i encavalcaments) orientades ENE-WSW a NE-SW estarien relacionades amb la formació de rampes frontals, i les disposades obliquament o paral·lelament a aquesta direcció de transport enregistrarien la presència de rampes obliqües i laterals.

8) Els encavalcaments es van emplaçar seguint, a grans trets, la següent seqüència deformativa (fig. 169): **I)** Formació, mitjançant una seqüència de tipus coll-i-bé d'un sistema imbricat d'encavalcaments que, en les parts més frontals del sistema, passarien a ser plecs vergents al NW; **II)** Emplaçament fora de seqüència de les unitats o làmines d'encavalcament superiors (àrees internes del domini); **III)** Plegament d'aquestes unitats superiors per la deformació que genera el continuat emplaçament de làmines d'encavalcament més profundes -propagació del sistema d'encavalcaments a escala regional de tipus coll-i-bé-. D'acord amb aquesta propagació coll-i-bé, les relacions geomètriques entre els dipòsits neogens i les estructures contractives mostren que, mentre a les Serres de Llevant (àrees més internes del domini) l'emplaçament de les primeres làmines d'encavalcament va tenir lloc ja a

l'Oligocè superior, en el Prebètic nordoccidental (àrees més externes) les primeres làmines d'encavalcament no van emplaçar-se fins com a mínim al trànsit Miocè inferior-mitjà.

9) L'acabament de la deformació contractiva no va ser sincrònic a tot el domini, sinó que va anar migrant de NE a SW, i, d'una forma no tan marcada, des de les zones internes cap a les zones externes de l'edifici contractiu. Així, respecte a la migració NE-SW, l'estructuració contractiva neògena inferior va finalitzar clarament a l'illa de Mallorca en el trànsit Languià-Serraval·lià inferior, i més al SW, a les Bètiques orientals, aquesta va perdurar encara que atenuadament fins al Tortonià. Quant a la migració cap a les zones externes de la deformació contractiva, al llarg d'una transversal al sistema que passi per Mallorca, s'observa que, mentre a Mallorca les estructures contractives més modernes són del trànsit Languià-Serraval·lià, a les estructures més frontals del sistema (eix del solc de València) afecten encara, si bé lleugerament, la discontinuïtat de la base del Grup de Castelló (Serraval·lià mitjà).

10) La formació d'aquest sistema d'encavalcaments dirigits majoritàriament cap al NW, va anar acompanyat, a les zones internes, del desenvolupament de falles direccionals ENE-WSW a NE-SW amb un desplaçament de tipus dextre. D'escala hectomètrica a Mallorca i pluriquilomètrica a la part més meridional de les Bètiques orientals, s'ha observat i deduït respectivament la presència de falles ENE-WSW a NE-SE dextres que, amb desplaçaments molt variables (des d'uns pocs metres fins a més de 5 km), deformen els plecs i encavalcaments. El caràcter sincrònic del moviment d'aquestes falles direccionals amb l'emplaçament cap al NW de les làmines d'encavalcament, denota que les unitats més internes de l'edifici contractiu bètico-balear (localitzades en l'àrea que actualment ocupa la Conca Nord-africana) podrien haber-se desplaçat durant l'Oligocè terminal (?)- Miocè mitjà en sentit transpressiu dextre al llarg de macrostructures ENE-WSW a NE-SW.



### III-4.4: ESTRUCTURA MIOCENA MITJANA-QUATERNÀRIA DEL DOMINI BÈTICO-BALEAR

Descrites les estructures, i elaborat un model estructural per a la primera de les dues etapes en què s'ha subdividit l'estructuració neògena del domini bètico-balear, en aquest capítol s'analitzen les estructures formades durant la segona etapa, que es caracteritza pel caràcter extensional de la tectònica.

La fi de la deformació contractiva neògena inferior i la seva substitució per una deformació extensiva, si bé es va produir a tot el domini bètico-balear en el Miocè mitjà, no hi va ser ni molt menys isòcrons. Iniciada a les parts més internes i nordorientals de l'edifici bètico-balear, en general, l'estructuració extensiva és progressivament més moderna cap al SW i cap a les parts més externes de l'edifici. Així, mentre a l'illa de Mallorca, l'estructuració extensiva es va iniciar en el trànsit Languià-Serraval·lià (FALLOT, 1922; COLOM, 1975; MATAILLET i PECHOUX, 1978; POMAR *et al.*, 1983a), a les Bètiques orientals aquesta no va començar amb claretat fins al Tortonià basal (BOUSQUET, 1979; PIERSON D'AUTRAY, 1987; SANTISTEBAN *et al.*, 1987). La migració de l'inici de la deformació extensiva des de les parts internes cap a les externes de l'edifici es desprèn de l'edat de finalització de l'estructuració contractiva que, tal com ja hem vist a les àrees submergides (subapartat anterior -III.4.3-), és progressivament més moderna de SE a NW.

Aquest pas d'una estructuració contractiva a una de tipus extensiu, s'ha interpretat en funció de tres processos geodinàmics d'àmbit regional que semblen haver funcionat conjuntament al llarg del Neogen. Aquest processos són:

1) La migració cap al S de la subducció d'Àfrica sota el conjunt Euràsia-Ibèria que originaria una migració en el mateix sentit del límit entre les zones en compressió i extensió (ROCA *et al.*, 1990a/c); de manera que els processos extensius de rera-arc, passarien de desenvolupar-se a les àrees ocupades per les conques Catalano-balear i Liguro-provençal a fer-ho més al sud, generant una nova conca de rera-arc (Conca Nord-africana) que se superposaria a les àrees estructurades contractivament durant el Neogen inferior (edifici bètico-balear).

2) La progressiva translació cap a l'W del domini d'Alborán que donaria lloc a una migració en el mateix sentit de la deformació contractiva i a la formació d'una conca extensiva en els espais buits que aniria deixant en el seu moviment cap a l'W (ANDRIEUX *et al.*, 1971; LEBLANC i OLIVER, 1984; SANZ DE GALDEANO, 1990a; BALANYÀ, 1991). Aquest procés explicaria que les darreres estructures contractives neògenes inferiors i les primeres extensives neògenes superiors siguin progressivament més modernes cap a les àrees occidentals del domini bètico-balear.

3) El col·lapsament de l'orogen bètic com a conseqüència de les forces tensionals que es generen per tal de compensar isostàticament el ràpid aixecament que sofreix el sector durant la col·lisió Àfrica-Ibèria (DEWEY, 1988; PLATT i VISSERS, 1989). Segons aquest procés, podria tenir lloc sincrònicament el desenvolupament de processos compressius a les parts externes de l'edifici bètico-balear i la formació de les conques extensives Nord-africana i d'Alborán.

Les estructures extensives predominants en aquesta etapa neògena postcompressiva, són les falles normals orientades ENE-WSW, que a les àrees més sudoccidentals del domini presenten associades o són substituïdes per estructures diapíriques orientades en el mateix sentit. Localment, durant aquesta etapa també es van generar falles i diapirs orientats en altres direccions (principalment N-S i NW-SE) que es disposen al llarg d'estretes franges ENE-WSW i NW-SE. Totes aquestes estructures extensives que s'orienten paral·lelament als plecs i encavalcaments formats durant l'Oligocè terminal i Miocè mitjà, es van sobreimposar a les compressives d'edat oligoceno terminal-miocena mitjana, de manera que les tallen o, tal com succeeix a les parts externes de les Bètiques orientals (ROCA i GUIMERÀ, en premsa) o Mallorca (BENEDICTO, 1991), inverteixen el seu moviment. Aquesta inversió tectònica, tal com veurem més endavant, va ser generalitzada, de manera que la major part de les estructures extensives van resultar de la reactivació com a falles normals dels antics encavalcaments neogens inferiors.

Aquest lligam entre les falles normals postmiocenes mitjanes i els encavalcaments neogens inferiors suggereix que l'estructuració extensiva postmiocena mitjana del domini bètico-balear ha estat generada pel col·lapsament extensiu del edifici contractiu bètico-balear. En tal sentit, a excepció d'unes poques falles situades a la *Zona Marginal* del domini catalano-valencià (vegeu subapartat III-3.3), les estructures extensives postmiocenes mitjanes queden restringides a les àrees de la Conca Catalano-balear afectades per encavalcaments neogens (domini bètico-balear), de manera que els límits d'aquesta estructuració extensiva es corresponen amb els de l'edifici contractiu bètico-balear. Delimitada al NE pel sistema de falles NW-SE de la zona de fractura Nord-balear, els límits nordorientals de les àrees afectades per l'extensió mioceno mitja-quadernària coincideixen amb el front de les estructures compressives bètico-balears (emersiò de l'encavalcament basal), el qual ressegueix més o menys l'eix del solc de València (vegeu apartat III-2).

Encara que les característiques de les estructures extensives postmiocenes mitjanes del domini bètico-balear vinguin controlades principalment per l'estructura litosfèrica, o per la seva posició a l'antic edifici contractiu bètico-balear, la descripció de les estructures s'ha realitzat separant les formades a terra i a mar. Aixó es degut al desigual grau de coneixement que es disposa dels dos sectors i al diferent mètode utilitzat per analitzar les estructures. Una vegada realitzada la descripció de cadascun d'aquests sectors, es presenta una síntesi conjunta de les dades estructurals d'ambdós sectors per tal de poder proposar un model estructural per a tot el domini bètico-balear en el període comprès entre el Miocè mitjà i el Quaternari.

### III-4.4.1: Àrees emergides del domini bètico-balear

Tot i que les àrees emergides del domini bètico-balear inclouen l'extrem sudoriental de la Península Ibèrica (Bètiques orientals) i les illes Balears a excepció de Menorca, en aquest subapartat únicament s'han analitzat l'estructuració postmiocena mitjana de l'illa de Mallorca i de les Bètiques orientals. L'exclusió en aquesta anàlisi de les illes Pitiüses i de l'arxipèlag de Cabrera ve donada per: a) l'absència de macrostructures que afectin els pocs afloraments de roques postmiocenes mitjanes que presenten aquestes illes; i b) el caràcter contractiu de la major part de les macrostructures desenvolupades en el substrat preserraval·lià, les quals estan relacionades amb les etapes de deformació compressiva de l'Oligocè terminal ?-Languià i/o del Paleogen superior.

Amb l'excepció de les parts més meridionals de les Bètiques orientals on durant el Miocè superior-Quaternari es van desenvolupar falles direccionals (BOUSQUET, 1979; MONTENAT *et al.*, 1987), l'estructura postmiocena mitjana de les àrees analitzades (Mallorca i Bètiques orientals) ve caracteritzada per la formació d'un sistema de falles normals ENE-WSW inclinades preferentment cap al SE que es tradueix en la formació d'un conjunt de fosses orientades en el mateix sentit, reblertes de potents successions serraval·liano-quaternàries. A part d'aquest sistema de falles, a les àrees emergides, durant el Miocè mitjà-Quaternari també es van generar falles NW-SE que, amb un desplaçament vertical normal, es distribueixen generalment al llarg d'estretes franges de la mateixa orientació (per exemple, les falles normals que limiten el massís de Randa; vegeu figs. 139 i 142). Aquestes falles NW-SE que estan menys desenvolupades i presenten un salt més petit que les ENE-WSW, han actuat com a zones de transferència limitant zones amb predomini de falles ENE-WSW inclinades al NW i al SE.

Cal assenyalar que a les Bètiques orientals, on les successions lutitico-evaporítiques del Triàsic superior són relativament potents (600-800 m; TORRES i SÁNCHEZ, 1990), aquesta tectònica de fracturació extensiva ha anat acompanyada de nombroses manifestacions diapíriques orientades paral·lelament a les falles. Com apunten MARTÍNEZ DEL OLMO *et al.* (1986), aquestes deformacions diapíriques incrementen progressivament cap al SE les seves magnituds i freqüència, fins al punt que l'estructura postmiocena mitjana de les àrees meridionals de les Bètiques orientals és en la seva major d'origen diapíric (fig. 170).

Les característiques geomètriques i cinemàtiques de totes aquestes estructures extensives del domini bètico-balear són difícils de determinar donat el continuat moviment subsident que han sofert les fosses des de la seva formació i el caràcter expansiu de les successions mioceno mitjà-pliocenes que les rebleixen; processos que donen lloc a que les falles que configuren les fosses es trobin en la seva majoria fossilitzades i per tant que ho siguin observables. A més a més, a diferència de les fosses extensives del domini catalano-valencià, únicament es disposa de dades del subsòl (sísmica de reflexió), que indiquin la geometria en profunditat de les fosses i falles, a l'illa de Mallorca, on a més són moltes vegades de mala qualitat o de caràcter confidencial (perfils de C.N.W. Oil España i G.E.S.A.). Així mateix, a les àrees no recobertes per les successions mioceno mitjà-quaternàries, el reconeixement de les estructures postmiocenes mitjanes tampoc és fàcil, ja que la intensa deformació contractiva que

presenten les successions premiocenes mitjanes, dificulta separar les estructures generades durant les diferents etapes deformatives.

## ILLA DE MALLORCA

La morfologia actual de l'illa és el resultat principalment del moviment extensiu d'un seguit de falles orientades ENE-WSW (POMAR, 1979). Aquestes falles, que atravessen tota l'illa, han originat des del Miocè mitjà la compartimentació de l'illa de Mallorca en un conjunt de horsts i grabens orientats ENE-WSW que es corresponen respectivament amb els relleus muntanyosos de les Serres de Llevant, Randa-Sineu-Bonany i Serres de Tramuntana, i amb les planes centrals de l'illa (Es Raiguer, Es Plà, etc), la Marina de Lluçmajor, la depressió de Campos i la Marina de Llevant (fig. 171).

### Estructura

La geometria d'aquestes falles normals és bastant desconeguda donat el caràcter expansiu i fossilitzant de les successions plio-quatèmaries (POMAR *et al.*, 1983a; SIMÓ i RAMÓN, 1986; FORNÓS *et al.*, 1991). No obstant, a partir de les dades de camp recollides en les poques localitats on aquestes afloren i de les dades de subsòl (FUSTER, 1973; COLOM, 1975; POMAR *et al.*, 1983a; SIMÓ i RAMÓN, 1986; BENEDICTO, 1991; entre d'altres), s'ha constatat que: a) les falles hectomètriques a quilomètriques ENE-WSW, encara que localment ho fan cap al NW (BENEDICTO, 1991), s'inclinen preferentment cap al SE, i b) el desplaçament normal de les falles que limiten els horsts i cubetes ha estat molt variable, amb valors que van des dels 750 m de les falles que limiten les fosses que configuren Es Raiguer i Es Plà (fosses de Sa Pobla, Inca i Palma), fins als 100-200 m de les falles que voregen les diferents fosses i cubetes de la part sudoriental de l'illa (cubetes de Campos, Manacor, Sta. Margarida i Marina de Llevant).

Quant a la morfologia que presenten aquestes falles en profunditat, les poques dades estructurals que es disposen de l'illa de Mallorca no permeten discriminar si s'horitzontalitzen o no en profunditat (falles lístriques o planars). No obstant, donat que les línies sísmiques permeten constatar que falles de la mateixa orientació i edat situades immediatament al SW de l'illa de Mallorca (fig. 160), s'horitzontalitzen ràpidament en profunditat, és raonable pensar que les falles ENE-WSW de l'illa presenten també una geometria lística. A favor d'aquesta geometria de les falles, les campanyes de sísmica de reflexió recentment dutes a terme al centre de l'illa per C.N.W. Oil España i G.E.S.A., mostren que gran part de les falles extensives ENE-WSW inclinades cap al SE s'horitzontalitzen en profunditat fins a posar-se paral·leles a un conjunt de reflectors lleugerament inclinats cap al SE, que semblen haver actuat anteriorment com a encavalcaments.

Entre les falles normals desenvolupades a l'illa de Mallorca, destaquen, pel seu salt hectomètric a quilomètric, les falles que separen les Serres de Tramuntana de les planes centrals de l'illa i la falla d'Émile Baudot que limita al SW les Serres de Llevant. Aquestes falles compartimenten l'illa en dues unitats diferentment estructurades: a) les Serres de Tramuntana que configuren un horst aparentment poc basculat, en el què fins a l'actualitat les úniques estructures postcompressives reconegudes són unes poques falles de desplaçament normal inferior als 200 m (GELABERT *et al.*, en premsa); i b) la resta

de l'illa que es presenta estructurada en un sistema de blocs diferentment basculats i enfonsats que, generalment s'aprofundeixen cap al NW. Dins d'aquesta darrera unitat, poden diferenciar-se els següents dominis estructurals orientades ENE-WSW (fig. 172):

- *Fosses de Palma, Inca i Sa Pobla.* Situades entre la Badia de Palma i la d'Alcudia, i alineades segons una direcció ENE-WSW, aquests fosses es troben separades de les Serres de Tramuntana i dels relleus de Randa-Sineu-Bonany per falles normals de salt hectomètric, orientades ENE-WSW i, localment, E-W. Aquesta unitat estructural comprèn les àrees més enfonsades de l'illa, de manera que són reblertes per potents (400-750 m) successions serraval·liano-quadernàries (FUSTER, 1973; SIMÓ i RAMÓN, 1986; BENEDICTO, 1991). La seva estructura interna és, amb l'excepció de la fossa d'Inca, bastant desconeguda. En aquesta fossa, els estudis últimament realitzats (BENEDICTO (1991) mostren que el substrat de la fossa es troba inclinat cap al SE on se situa la falla de Sencelles (fig. 173). Aquesta falla ENE-WSW que la separa dels relleus de Sineu-Bonany és força inclinada ( $60^\circ$ ) i presenta un salt entre uns 200 i 750 m. Al nordoest, les línies sísmiques apunten a què la fossa és limitada per falles normals molt poc inclinades, paral·leles als encavalcaments mioceno inferior-mitjans.

A les altres dues fosses (Sa Pobla i Palma), les dades de subsòl semblen apuntar, en canvi que el substrat es troba inclinat cap al NW i que la falla amb un salt vertical més gran és la que se situa arran de les Serres de Tramuntana (SIMÓ i RAMÓN, 1986). Aquestes falles, tal com pot observar-se als Portals Vells presenten associades nombroses falles antitètiques que originen localment el basculament del rebliment serraval·liano-quadernari cap al SE (fig. 174).

Els estudis geològics realitzats a les àrees contigües a aquesta unitat (ANGLADA, 1985; RAMOS-GUERRERO, 1988) i les línies sísmiques recentment disparades per C.N.W. Oil España i G.E.S.A. mostren que aquest diferent comportament de les fosses ve condicionat per la presència de falles NW-SE que, amb un salt vertical inferior als 400 m, separen les fosses de Palma, Inca i Sa Pobla. Aquestes falles, que limiten dominis o fosses en les que predominen falles diferentment inclinades (cap al NW a la fossa d'Inca i cap al SE a les de Sa Pobla i Palma), tenen una orientació paral·lela a la direcció d'extensió (NW-SE) i sembla coherent pensar que haurien jugat com a falles de transferència.

- *Relleus de Randa, Sineu i Bonany.* Del Cap Blanc fins a la badia d'Alcudia, aquests relleus NE-SW són limitats al NW per les falles normals del marge sudoriental de les fosses de Palma, Inca i Sa Pobla, i s'enfonsen gradualment cap al SE. Aquesta unitat, internament es troba afectada per falles extensives ENE-WSW i NW-SE de desplaçament vertical hectomètric que compartimenten domini aixecat en els diferents relleus que actualment formen la part central de l'illa (Banda, Sineu i Bonany). Falles d'aquest tipus serien les que limiten el massís de Randa pels seus quatre costats (vegeu fig. 142; ANGLADA, 1985).

- *Cubetes de Campos, Manacor i Sta. Margarida.* Situades entre les Serres de Llevant i els relleus centrals de Mallorca (Randa-Sineu-Bonany), aquestes cubetes postmiocenes mitjanes són poc profundes (<200 m segons FUSTER, 1973 i, SIMÓ i RAMÓN, 1986) i presenten una geometria que s'acosta més a la d'una depressió sinforme que a la d'una fossa. En efecte, el substrat sobre el que es disposen les successions postmiocenes mitjanes, allà on és visible, es troba rarament fracturat per falles postcompressives, i quan aquestes hi són presents tenen salts sensiblement inferiors als 200 m.

- *Serres de Llevant.* Aquestes serres correspon a la part més aixecada del bloc situat entre les falles normals del marge SE de les Serres de Tramuntana i la falla d'Émile Baudot. Limitat sudorientalment per el sistema de falles normals inclinades cap al SE de la Marina de Llevant, aquest domini passa, aparentment, sense solució de continuïtat cap al NW a les cubetes anteriorment mencionades. Fins a l'actualitat a l'interior d'aquestes serres les úniques estructures postcompressives reconegudes són unes poques falles normals de salt mètric a decamètric (SÀBAT, 1986).

- *Marina de Llevant.* Correspon a la franja costanera d'uns 2-4 km d'amplada i 40 km de llargada que se situa entre les Serres de Llevant i la costa sudoriental de l'illa de Mallorca. Recoberta per dipòsits miocens terminals i quaternaris que es disposen subhoritzontalment amb un gruix inferior als 200 m (FUSTER, 1973; fig. 172), la seva estructura postmiocena mitjana sembla correspondre a un seguit de blocs que, esgraonadament, s'enfonsen cap al SE. La geometria en profunditat d'aquests blocs i de les falles que els limiten és desconeguda donat que les dades de subsòl d'aquesta àrea són escasses i poc estudiades.

Les característiques estructurals de totes aquestes unitats posen de manifest que l'estructura serraval·liano-quaternària de l'illa de Mallorca ha estat controlada principalment per: a) falles ENE-WSW inclinades preferentment cap al SE i que s'arrangen paral·lelament a les estructures contractives oligoceno-miocenes inferiors, i, b) en menor grau, per falles NW-SE subverticals que es troben preferentment desenvolupades a les parts centrals de l'illa.

Segons les línies sísmiques consultades i les dades de camp, la majoria d'aquestes falles corresponen a antigues estructures contractives oligoceno terminals-languianes reactivades extensivament. Així, mentre els perfils de sísmica de reflexió de C.N.W. Oil España i G.E.S.A. revelen que les falles extensives ENE-WSW coincideixen en profunditat amb antics encavalcaments, l'anàlisi cartogràfica de superfície permet observar que les falles (de transferència ?) NW-SE neògenes superiors exhibeixen una orientació paral·lela a les "tear-faults" de l'edifici d'encavalcaments Oligocè terminal-Miocè mitjà (vegeu subapartat III-4.3 i fig. 139). Limitant dominis o fosses en les que predominen falles diferentment inclinades (cap al NW a la fossa d'Inca i cap al SE a les de Sa Pobla i Palma) i amb una orientació paral·lela a la direcció d'extensió (NW-SE), aquestes falles sembla que corresponen a zones de transferència.

Pel que fa al camp d'esforços que va generar aquesta estructura extensiva, les anàlisis de microstructures fràgils (falles mètriques) realitzades a les Serres de Tramuntana (ROCA i VERGÉS, 1989) i a les rodalies de la fossa d'Inca (BENEDICTO, 1991), mostren que, posteriorment a la compressió neògena inferior, es va desenvolupar una situació regional extensiva amb una direcció de  $\sigma_3$  orientada entre WNW-ESE i NNW-SSE (fig. 175). La presència d'algun encavalcament intraserraval·lià (RAMOS-GUERRERO, 1988; BENEDICTO, 1991) emplaçat quan ja s'havia iniciat la formació de les principals fosses extensives de l'illa indica que, localment i episòdicament en el Serraval·lià, es van desenvolupar situacions compressives i que el trànsit de l'etapa compressiva neògena inferior a l'extensiva neògena superior es va realitzar de forma gradual durant el Languià-Serraval·lià.

### **Evolució estructural de l'illa de Mallorca**

Els materials més antics que rebleixen les fosses són els de les Fms. de llims de Manacor, de margues de Pina i de calcàries de Son Verdera (POMAR *et al.*, 1983a; FORNÓS *et al.*, 1991). Sense fòssils característics, l'edat d'aquestes unitats és aparentment serraval·liana ja que es diposen per sobre de materials datats com a languians inferiors i per sota de les Calcisiltites amb Heterostigines del Tortonià inferior.

La geometria interna de les diferents successions sedimentàries, que des de llavors han anat reblint les fosses i cubetes, i les relacions geomètriques que aquestes guarden amb les falles normals, denoten que l'activitat extensiva a l'illa de Mallorca ha perdurat fins a l'actualitat. En efecte, les dades de subsòl i superfície mostren que els materials postserraval·lians estan únicament afectats per falles normals que, tal com queda reflectit per la disposició geomètrica dels sediments en tascó obert cap a les falles, es van desenvolupar sincrònicament al rebliment de les diferents fosses i cubetes. D'acord també amb aquesta activitat continuada de les falles extensives que voregen les fosses, arran d'aquestes falles, les successions de rebliment de les fosses presenten en el seu interior discordances angulars (POMAR *et al.*, 1983a) i, a mida que són més modernes, estan cada vegada menys basculades (POMAR *et al.*, 1983a; BENEDICTO, 1991).

Al llarg de tot aquest període de temps, l'activitat tectònica extensiva no ha estat ni constant ni contínua, sinó que ha anat decreixent i, durant el Serraval·lià superior, va estar interrompuda per intervals de temps en els que han predominat els processos compressius. Així, pel que fa referència al decreixement de l'activitat tectònica extensiva, es constata que mentre les successions serraval·liano-tortonianes inferiors enregistren una forta activitat tectònica (sobtades variacions de potència, discordances internes, sedimentació restringida a les àrees més deprimides de les fosses i una intensa fracturació interna), a partir del Tortonià aquesta activitat queda progressivament restringida a les falles majors que limiten les fosses, de manera que les successions tortoniano superior-quaternàries es disposen expansivament sobre els marges de les fosses (POMAR *et al.*, 1983a; SIMÓ i RAMÓN, 1986).

L'activitat recent d'aquesta tectònica extensiva queda enregistrada per falles normals que tallen els dipòsits plio-quaternaris (POMAR i CUERDA, 1979; FORNÓS i POMAR, 1983) i per manifestacions termals que, probablement, són una traducció de fractures profundes (POMAR, 1979).

L'existència de períodes compressius dins d'aquesta etapa d'estructuració serraval.liano-quadernària de l'illa de Mallorca únicament ve assenyalada per l'emplaçament, durant el Serraval.lià superior, de la làmina d'encavalcament de Costitx (RAMOS-GUERRERO, 1988). Aquest encavalcament, fossilitzat pel Tortonià superior, posa en contacte conglomerats de l'Oligocè i calcàries del Lias per sobre margues i margocalcàries atribuïdes a la Fm. de Son Verdera -Serraval.lià superior- (BENEDICTO, 1991; FORNÓS *et al.*, 1991). Per aquests darrers autors, doncs, caldria situar el límit de les seqüències sinorogèniques i postorogèniques en el Serraval.lià superior-Tortonià inferior. D'acord amb aquest límit, anteriorment POMAR *et al.* (1983a) i ÀLVARO *et al.* (1984) també habien situat l'inici de l'extensió en el Serraval.lià terminal-Tortonià inferior, a partir de les discordances que hi han entre les formacions serraval.lianes en els marges de les cubetes.

Ara bé, si tenim en compte que aquest encavalcament és una estructura local que a més no està ben datada del tot, i que les successions serraval.lianes es troben fossilitzant la major part de les estructures contractives de l'illa i són afectades majoritàriament per falles normals sinsedimentàries, sembla més coherent considerar que la sedimentació serraval.liana es va realitzar en un context tectònic extensiu en el qual puntualment es van produir situacions compressives.

## BÈTIQUES ORIENTALS

L'anàlisi de l'estructuració mioceno superior-quadernària de les Bètiques orientals s'ha dut a terme tant a partir de dades recopilades al camp (zones externes al nord de l'alineació ENE-WSW del conjunt d'encavalcaments i anticlinals de les serres del Buixcarró, de La Creu i Grossa) com de la recopilació de la informació que aporten els treballs publicats que fan referència a l'estructura de la resta de l'àrea. En relació a l'illa de Mallorca, aquestes dades posen de manifest que l'estructuració postmiocena mitjana de les Bètiques orientals és molt més complexa, ja que en ella interrelacionen processos compressius i extensius. Si a aquesta complexitat estructural, que és màxima a les parts més internes, hi afegim el fet que l'estructura de les Bètiques orientals ha estat molt poc estudiada des dels anys 70, en resulta que el coneixement que es té de l'estructura postmiocena mitjana de les Bètiques orientals és molt pobre i incomplet.

### Estructura

L'estructuració tortoniano-quadernària de les Bètiques orientals es caracteritza per un esmorteïment progressiu de l'activitat tectònica compressiva i pel desenvolupament d'una important tectònica extensiva que queda reflectida per la formació d'un sistema de falles normals i d'estructures diapíriques. Així, l'estructura postserraval.liana de les Bètiques orientals resulta de la superposició de dues associacions d'estructures força diferents: una primera constituïda per estructures contractives, essencialment plecs i falles direccionals, i una segona que és formada per falles extensives i diapirs orientats paral·lelament als encavalcaments i plecs (ENE-WSW) originats durant el Miocè inferior-mitjà. Donat que la cronologia d'ambdós tipus d'estructures no és clara, seguidament passarem a la descripció de cadascuna d'aquestes dues associacions estructurals.



### *Estructures extensives*

Són les més ben desenvolupades a les zones més externes de les Bètiques orientals (Prebètic de València i nord d'Alacant), on, conjuntament amb les estructures contractives oligoceno terminal-languianes, configuren els principals trets l'estructura actual de l'àrea (fig. 153). Generada amb posterioritat a la fase de màxima estructuració contractiva de l'àrea (Languià-Serraval·lià ?; SANTISTEBAN *et al.*, 1987; OTT D'ESTEVOU *et al.*, 1988), l'estructuració extensiva de les Bètiques orientals ve definida per la formació d'un conjunt de falles normals i diapirs que s'orienten preferentment de NE-SW a ENE-WSW, i també localment NW-SE.

A excepció de les falles NW-SE, que paral·lelament al fragment de la costa València-Cap de la Nau, tallen obliquament les estructures contractives oligoceno terminal-languianes, en general, les falles normals es disposen paral·lelament a les estructures contractives formades prèviament. Concretament i en relació a aquestes últimes, l'anàlisi estructural de l'àrea mostra que les falles normals postlanguianes es localitzen preferentment en els anticlinals de rampa superior dels encavalcaments oligoceno terminal-serraval·lians ENE-WSW (fig. 176). En aquests sectors, s'observa que les falles estan preferentment inclinades cap al SSE i que s'horitzontalitzen en profunditat, fins arribar a convergir amb l'antic plà d'encavalcament (GARCÍA-RODRIGO, 1960), el nivell de desenganxament del qual es troba normalment situat en el Keuper (vegeu subapartat III.4.3). Aquesta disposició geomètrica, conjuntament amb la manca o poca presència de falles normals que afectin les roques situades immediatament per sota de les parts frontals dels encavalcaments, indica que amb gran probabilitat l'estructuració extensiva de les Bètiques orientals es va produir a partir de la reactivació com a falles extensives dels antics encavalcaments oligoceno terminal-serraval·lians inferiors (fig. 177).

Pel que fa a les estructures diapíriques postcompressives de les Bètiques orientals, les anàlisis estructurals dutes a terme a l'àrea mostren que s'han format per l'extrusió dels materials lutitico-evaporítics del Keuper a través, principalment, d'estructures extensives d'edat miocena superior. Aquesta correlació és evident a les àrees més septentrionals de les Bètiques orientals, on les principals estructures diapíriques generades durant aquest període se situen en posicions força similars a les de les falles normals descrites en el paràgraf anterior (GARCÍA-RODRIGO, 1960; CATER, 1987). Més cap al sud, la correlació esdevé, en canvi, molt més difícil tant per la presència d'estructures diapíriques generades amb anterioritat al Miocè superior (CATER, 1987; DE RUIG, 1990) com per la morfologia més irregular que van prenent el diapirs (MOSELEY, 1973; MOSELEY *et al.*, 1981; MARTÍNEZ DEL OLMO *et al.*, 1986). Respecte a aquest últim punt i tal com posen de manifest MARTÍNEZ DEL OLMO *et al.* (1986), dins de les Bètiques orientals, es constata que el grau de desenvolupament i morfologia de les manifestacions diapíriques varia de nordoest a sudest o sigui des de les zones externes a les internes de l'edifici bètico-balear. Així, mentre a les àrees més externes les estructures diapíriques es diposen preferentment en geometries antiformal orientades ENE-WSW, més al sud aquestes passen a ser-hi molt més freqüents i a presentar morfologies molt més irregulars (fig. 170).

Aquesta variació espacial en les característiques del diapirisme, conjuntament amb la posició de les Bètiques orientals en un marge mesozoic de tipus passiu que s'obria cap al SE, ha fet interpretar a

MARTÍNEZ DEL OLMO *et al.* (1986) que l'estructuració diapírica de les Bètiques orientals és el resultat de la reactivació d'antigues falles extensives mesozoiques que ja presentaven associades estructures diapíriques. Aquesta hipòtesi que sembla força raonable no ha estat ni molt menys contrastada amb les dades que actualment es disposen de l'àrea, les quals mostren únicament de forma clara que part de les estructures diapíriques es troben lligades a la reactivació normal dels encavalcaments oligoceno terminal-miocens mitjans.

La direcció principal d'estirament associada a aquestes estructures extensives (falles normals i diapirs) és força difícil de determinar donada la presència en les mateixes àrees d'estructures contractives i l'absència d'estudis microestructurals i mesoestructural recents. Tanmateix, dels pocs estudis microestructurals duts a terme en alguns sectors de les Bètiques orientals (BOUSQUET *et al.*, 1978) i de l'orientació predominant ENE-WSW de les estructures extensives sembla deduir-se que la direcció d'extensió principal ha estat orientada més o menys de N-S a NW-SE.

### *Estructures contractives*

A les àrees centrals i sudorientals de les Bètiques orientals, els estudis estructurals realitzats evidencien que durant l'interval de temps comprés entre el Serraval·lià i l'actualitat es van desenvolupar també estructures contractives (AZÉMA, 1977; BOUSQUET *et al.*, 1978; OTT D'ESTEVOU *et al.*, 1988). Menys desenvolupades que les extensives, aquestes estructures contractives són principalment: a) falles direccionals ENE-WSW i NW-SE que han jugat respectivament en sentit sinistre i dextre, i que presenten plans en superfície subverticals; i b) plects i falles inverses orientades E-W a ENE-WSW que vergeixen predominantment cap al N i NNW. La geometria de la major part d'aquestes estructures és mal coneguda a causa de la tectònica diapírica que es va desenvolupar sincrònicament. En efecte, a l'igual que passava amb les de desplaçament normal, les falles direccionals i inverses generades durant aquest període presenten associades nombroses extrusions diapíriques que donen lloc a la deformació dels llavis de les falles i al plegament de les successions circumdants (BOUSQUET *et al.*, 1978; MOSELEY *et al.*, 1981).

En general, totes aquestes estructures semblen ser el resultat de la reactivació d'antigues estructures contractives neògenes inferiors. Així, la majoria de plects i falles inverses E-W i ENE-WSW actives durant aquest període se superposen a estructures de les mateixes característiques formades a l'Oligocè terminal-Serraval·lià. Les falles NW-SE coincideixen quasi sempre amb alineacions que separen àrees diferentment estructurades contractivament durant l'Oligocè terminal-Serraval·lià, de manera que poden interpretar-se com antigues rampes laterals o "tear-faults" (falles direccionals sincròniques a l'emplaçament d'encavalcaments) reactivades. I les falles sinistres ENE-WSW i NE-SE, si bé no s'observa clarament el seu lligam amb les estructures contractives prèvies, poden associar-se, per la seva orientació, tant a encavalcaments com a falles dextres miocenes inferior-mitjanes, reactivades en sentit sinistre.

Les anàlisis dels criteris cinemàtics (estries de falla, microplecs i estilòlits) presents en aquestes estructures (BOUSQUET i PHILIP, 1976; PIERSON D'AUTRAY, 1987; OTT D'ESTEVOU *et al.*, 1988) posen de manifest que el camp d'esforços regional que les va generar ha estat caracteritzat per una

direcció d'esforç principal ( $\sigma_1$ ) orientada al principi NW-SE (Serraval.lià-Tortoniana), més tard NNW-SSE (Messinià) i finalment, un altra vegada NW-SE (Quaternari inferior).

Aquest caràcter complex de l'estructuració postserraval.liana de les Bètiques orientals queda reflectit en les diferents geometries que presenten les cubetes i fosses generades durant aquest interval de temps. Així, durant aquest període s'han desenvolupat: 1) cubetes sinformes amb flancs molt redreçats degudes a extrusions diapíriques (p.e., cubeta de Finestrat); 2) cubetes també de morfologia sinforme, menys deformades, causades per la reactivació de sinclinals ENE-WSW formats durant la compressió oligoceno terminal-serraval.liana (p.e., cubeta de Fontanars-Ontinyent); 3) fosses limitades per falles direccionals que mostren una morfologia força complexa (p.e., fossa de Tibi); 4) semifosses extensives caracteritzades geomètricament per inclinar-se cap al NNW i estar limitades per aquest costat per falles normals de geometria lística que cabussen cap al SSE (p.e., fosses del riu Xúquer, al nord de Millares); i 5) cubetes de morfologia molt complexa que es troben relacionades amb el desenvolupament de més d'un tipus d'estructura tectònica (p.e., cubeta d'Alcoi-Cocetaina).

La distribució espacial d'aquests diferents tipus de cubetes a les Bètiques orientals, posa de manifest que durant el Serraval.lià-Quaternari, mentre a les zones més externes s'hi van desenvolupar principalment estructures extensives, a les internes en canvi van generar-se tant estructures contractives com extensives. Amb algunes poques excepcions, en general, a les parts externes predominen els semigrabens extensius i a les internes coexisteixen els cinc tipus de cubetes i fosses descrites en el paràgraf anterior (sinclinals, cubetes diapíriques, fosses direccionals, semifosses extensives, cubetes d'origen compost).

### **Evolució estructural de les Bètiques orientals**

La manca d'estudis biostratigràfics acurats en gran nombre de les cubetes i fosses neògenes de les Bètiques orientals dóna lloc a què en l'actualitat encara sigui desconeguda l'edat de moltes de les estructures neògenes. Aquesta indeterminació cronològica, conjuntament amb la complexitat estructural de l'àrea, fa que qualsevol intent d'establir una evolució estructural acurada per a tota l'àrea sigui, avui en dia, força arriscat. En tal sentit, a partir de l'anàlisi de diferents cubetes i fosses s'han postulat varies hipòtesis sobre l'evolució estructural i geodinàmica de les Bètiques orientals que no concorden en molts aspectes, alguns de caire tant general com per exemple el règim tectònic predominant durant el Miocè superior, el qual per alguns autors seria de marcat caràcter extensiu (BOUSQUET *et al.*, 1978) i per d'altres de tipus compressiu (PIERSON D'AUTRAY, 1987; OTT D'ESTEVOU *et al.*, 1988).

Tenint en compte aquestes dificultats que poden ser modificades per l'adscripció cronològica d'algunes estructures, en general, dins de l'evolució estructural tortoniano-quaternària de les Bètiques orientals poden diferenciar-se dues grans etapes:

*Tortoniana inferior-Pliocè.* Encara que a les cubetes de Alcoi-Cocetaina i Fontanars-Ontinyent, CATER (1987) i OTT D'ESTEVOU *et al.* (1988) descriuen estructures i geometries en el rebliment

sedimentari que associen a estructures compressives, aquesta etapa es caracteritza principalment pel desenvolupament d'una important activitat tectònica extensiva.

La majoria de fosses extensives de les Bètiques orientals són reblertes per successions d'edat postserraval·liana i prequaternària que presenten sobtats canvis de potència, discordances internes i acumulacions de materials detrítics molt grollers arran de les falles normals. Aquestes successions tortoniano-pliocenes són sincròniques amb el desenvolupament de diapirs, com enregistren la presència de discordances progressives i angulars arran de les estructures diapíriques (CATER, 1987). Els diapirs se situen, generalment, al llarg dels anticlinals ENE-WSW formats durant l'Oligocè-Miocè mitjà i que han estat fracturats extensivament en el Miocè superior. Així doncs, a les àrees centrals i sudorientals de les Bètiques orientals, les successions tortoniano-pliocenes es disposen principalment al llarg d'estretes cubetes sinformes, les quals són total o parcialment limitades per extrusions diapíriques o estructures antifomes deformades diapíricament (MOSELEY *et al.*, 1981).

*Quaternari.* A diferència de l'etapa anterior en la que el regim tectònic imperant a escala regional no és clar, tots els autors (BOUSQUET i MONTENAT, 1974; BOUSQUET *et al.*, 1978; OTT D'ESTEVOU *et al.*, 1988; DE RUIG, 1990; etc.), en canvi, semblen estar d'acord que les Bètiques orientals van ser sotmeses durant el Quaternari a una situació regional contractiva NW-SE a NNW-SSE. La presència d'aquesta activitat contractiva en el Quaternari inferior queda enregistrada per la formació de plecs E-W i falles direccionals NW-SE dextres i NE-SW sinistres que afecten els dipòsits miocens superiors i pliocens de l'àrea i són fossilitzats pel Pleistocè superior, (MONTENAT, 1973; BOUSQUET *et al.*, 1978). Cal assenyalar que moltes d'aquestes darreres falles no són de nova formació sinó que es corresponen a antigues estructures reactivades.

L'activitat tectònica recent relacionada amb aquesta situació regional contractiva queda enregistrada per: a) la presència de falles direccionals i inverses que tallen els materials pleistocens (BOUSQUET i PHILIP, 1976); b) l'acumulació local de dipòsits pleistocens arran de les falles direccionals principals; c) el desnivellament de terrasses i "glacis"; d) reactivació dels diapirs (MOSELEY *et al.*, 1981; PIERSON D'AUTRAY, 1987); i, sobretot, e) l'activitat sísmica actual de l'àrea que es caracteritza per terratremols amb mecanismes de formació compressius segons una direcció N-S (BUFORN i MEZCUA, 1988; BUFORN *et al.*, 1988).

### III-4.4.2: Àrees submergides del domini bètico-balear

L'anàlisi de l'estructuració mioceno mitjana-quadernària de les àrees submergides del domini bètico-balear, s'ha realitzat a partir de la interpretació de perfils de sísmica de reflexió regionals obtinguts per les diferents companyies petrolieres que han actuat a la zona. Aquests perfils, que en relació a l'estructura premiocena mitjana presentaven una baixa resolució, mostren en canvi una bona definició de les principals característiques de les estructures mioceno mitjanes-quadernàries d'aquestes àrees. A part d'aquests perfils, per tal de completar el coneixement de l'estructura de l'àrea, també s'han utilitzat les dades de sísmica de reflexió d'alta resolució interpretades en diferents treballs de caràcter local realitzats aquests últims anys (KELLING *et al.*, 1979; SERRA-RAVENTÓS *et al.*, 1979; DÍAZ DEL RIO *et al.*, 1986; DÍAZ DEL RIO i REY, 1987; ALONSO *et al.*, 1988).

En conjunt, totes aquestes dades posen de manifest que les àrees afectades per la deformació contractiva oligoceno terminal-miocena mitjana van ser sotmeses a partir del Miocè mitjà a una situació tectònica predominantment extensiva. Si a aquesta nova situació del domini bètico-balear, hi afegim que en el domini catalano-valencià perdura, encara que atenuadament, el règim extensiu iniciat en el Miocè basal, es constata que a partir del Miocè mitjà tota la Conca Catalano-balear es troba novament involucrada en un mateix tipus de situació tectònica.

Aquesta situació generalitzada de tipus extensiu, queda reflectida pel moviment normal de les falles majors del domini catalano-valencià i per la formació en el domini bètico-balear d'un gran nombre de falles normals i estructures diapfriques (aquestes últimes en les parts SW del domini) orientades NE-SW a ENE-WSW. L'anàlisi estructural de les parts submergides d'aquest últim domini mostra que les falles normals augmenten de salt de NW a SE, fins arribar a la falla d'Émile Baudot que amb un salt superior als 2500 m (MAUFFRET, 1976) separa la Conca Nord-africana del Promontori Balear i, per tant, de la Conca Catalano-balear (fig. 15).

A l'igual que passa amb l'estructuració extensiva de la part emergida del domini bètico-balear, les estructures extensives de les parts submergides del domini bètico-balear són limitades al nord-est pel conjunt de falles NW-SE i N-S que configuren la zona de fractura Nord-balear. Així, des del nord de Mallorca cap al NE, les estructures extensives ENE-WSW interfereixen progressivament amb un més gran nombre de falles orientades NW-SE, a través de les quals, durant el Miocè mitjà-Quadernari han anat extruint roques volcàniques alcalines (vegeu subapartat II-5.4). Aquestes falles NW-SE, en conjunt, separen dominis que progressivament cap al NE presenten un menor desenvolupament d'estructures extensives ENE-WSW, de manera que a l'alçada del nord de Menorca i coincidint amb la traça de la zona de fractura Nord-balear aquestes desapareixen gairebé del tot.

L'inici de l'estructuració extensiva del domini bètico-balear, tal com veurem més endavant en el subapartat d'evolució estructural, es va produir, en mar, a finals de la sedimentació de les Unitats Neògenes Inferiors i a l'inici de la del Grup de Castelló, això és en el Serraval·lià-Tortonian inferior.

## Estructura

Les característiques de l'estructura postmiocena mitjana de les àrees submergides del domini bètico-balear són molt similars a les de les àrees emergides del mateix domini. En efecte i tal com ja s'ha esmentat, l'estructuració mioceno mitjana-quadernària de les àrees submergides es caracteritza pel desenvolupament d'estructures extensives (falles amb component vertical normal i diapirs) orientades principalment ENE-WSW, és a dir paral·lelament a les estructures contractives formades durant el Neogen inferior. L'única diferència entre ambdues àrees, és que a les àrees submergides no s'han reconegut estructures contractives miocenes superior-quadernàries (essencialment falles direccionals) com en les parts sudorientals de les Bètiques orientals. La no constatació d'estructures compressives en les àrees submergides pot ser deguda tanmateix a: 1) les nombroses hipèrboles i difraccions generades per les intenses deformacions diapíriques que, ben desenvolupades a les àrees adjacents a les Bètiques orientals, dificulten el reconeixement de l'estructura d'aquests sectors; i 2) la manca d'una densa xarxa de perfils sísmics que permetin analitzar amb detall l'estructura tridimensional i, per consegüent enregistrar la presència de moviments direccionals en les àrees properes a l'extrem sudoriental de les Bètiques orientals.

L'orientació de les falles extensives postcompressives de les àrees submergides del domini bètico-balear és relativament variable, si bé dominen clarament les direccions que van de NNE-SSW a ENE-WSW, i, dins d'aquestes, les inclinades cap al SE (fig. 178). Quant a les falles de la mateixa orientació però inclinades en sentit contrari, si bé hi són presents en totes aquestes àrees, es troben menys desenvolupades i tan sols presenten salts superiors als 500 m a l'interior de les fosses postcompressives del Promontori Balear (vegeu fig. 160). D'altra banda, a part d'aquestes falles orientades NNE-SSW a ENE-WSW, arran de la costa peninsular i en les rodalies de l'illa de Menorca també s'han observat falles NNW-SSE a NW-SE (MAUFFRET *et al.*, 1972; DÍAZ DEL RIO *et al.*, 1986) que es disposen al llarg d'estretes franjes amb una longitud de decenes de quilòmetres.

Quant a la morfologia en profunditat i grau d'inclinació de les falles NNE-SSW a ENE-WSW, dins de la gran diversitat de formes i inclinacions observades, poden diferenciar-se dos tipus de falles: les que presenten el plà de falla subvertical en superfície i les que el tenen subhoritzontal o lleugerament inclinat cap al SE. Al primer d'aquest tipus falles pertanyen la major part de falles reconegudes a les àrees submergides del domini bètico-balear; en general, són falles molt inclinades en superfície que s'horitzontalitzen en profunditat (geometria lística) fins arribar a coincidir amb el plà d'algun encavalcament preserraval·lià (figs. 160, 163 i 179). El segon grup de falles (falles poc inclinades) només ha estat reconegut en el marge nordoccidental del Promontori Balear, on s'ha constatat la presència de falles lleugerament inclinades al SE que presenten associats tascons sedimentaris oberts cap a aquestes (fig. 180). En la prolongació en profunditat d'aquestes darreres falles, que segurament corresponen a antics encavalcaments reactivats extensivament, s'arrelen nombroses falles del primer tipus, de manera que aquestes poden considerar-se segons el sentit de la seva inclinació com a falles sintètiques (SE) o antitètiques (NW) de les falles subhorizontals.

En les falles del primer dels dos tipus definits (falles lístiques), el bloc enfonsat es presenta inclinat cap al plà de la falla amb uns valors que generalment s'incrementen a mida que ens apropem a la

falla (estructura en "roll-over"). La inclinació i el gradient d'aquest increment de cabussament del bloc inferior ve condicionat per la magnitud del desplaçament de la falla i la profunditat del nivell de desenganxament on aquestes s'arrelen. Així, a major desplaçament i superficialitat del desenganxament, els blocs superiors de les falles mostren, arran d'aquestes, una inclinació més gran i un "roll-over" més acusat.

Aquesta disposició geomètrica dels blocs limitats per les falles, conjuntament amb el marcat predomini de les falles inclinades cap al SE, fa que, tal com pot observar-se a les figs. 86, 87 i 160, l'estructura premiocena mitjana de les àrees submergides del domini bètico-balear es trobi compartimentada amb una sèrie de blocs inclinats preferentment cap al SE.

Amb l'excepció de les falles NW-SE, que presenten uns salts molt variables al llarg de tot el domini, el desplaçament en sentit normal de les falles postmioceno mitjanes augmenta des d'aproximadament l'eix del solc de València cap al SE. Així, mentre a les parts nordoccidentals del domini (arran de l'eix del solc) les falles normals tenen un desplaçament mitjà d'uns 500-1000 m, al Promontori Balear el salt de les falles arriba a superar els 1300 m, i més al SE, en el sistema de falles que configuren la denominada falla d'Émile Baudot és de com a mínim de 2000-2500 m (MAUFFRET, 1976). Aquest valor mínim del desplaçament normal de la falla d'Émile Baudot correspon al decalatge observat en el sostre de les Unitats Messinianes (fig. 15), el qual correspon al reflector més profund, identificable i correlacionable a nivell de la Conca Nord-africana (bloc superior de la falla). Per sota d'aquest reflector, les nombroses hipèrboles que generen les deformacions salines presents a les Unitats Messinianes, impedeixen reconèixer l'estructura premessiniana i per tant l'avaluació del desplaçament total de la falla.

L'increment en el salt de les falles de NW a SE, dóna lloc a què a les àrees més deprimides dels blocs basculats del Promontori Balear (sector sudest del domini bètico-balear) se situin les principals fosses i cubetes de les àrees submergides del domini (fosses i cubetes de Cabrera, Eivissa, Espartell, dels Oliva i Formentera; fig. 183). En conjunt, l'estructura interna de totes les cubetes i fosses del domini és molt similar: són semi-fosses amb un rebliment que s'engruixeix més o menys progressivament cap a la falla ENE-WSW a NE-SW que limita nordoccidentalment el bloc sobre el que se situa la fossa. Localment i a l'igual que passava a l'illa de Mallorca, en el Promontori Balear també hi ha semifosses de les que enlloc de engruixir-se cap al NW, ho fan cap al SE, on generalment se situa la falla principal que les limita. En tots aquests semigrabens o cubetes, el rebliment es presenten afectat per falles que s'inclinen preferentment cap al SE arran de la falla principal (falles sintètiques), i cap al NW en la resta de la cubeta o semifossa (falles antitètiques).

Aquesta intensa fracturació que mostren els blocs superiors de les falles extensives NE-SW a ENE-WSW de magnitud quilomètrica, no només dificulta reconèixer la geometria en profunditat d'aquestes falles, sinó que fa gairebé impossible determinar a partir de construccions geomètriques la profunditat en la que s'arrelen.

A part de totes aquestes falles extensionals que acabem de descriure i d'una forma sincrònica, en els sectors més sudoccidentals de la part submergida del domini bètico-balear també s'han format

estructures de tipus diapíric (figs. 163, 181 i 182). Tal com es constata en el sonatge petrolier Denia-1 (núm. 328 de la fig. 33), aquestes estructures diapíriques venen generades per l'extrusió dels materials lutítico-evaporítics del Keuper que perforen tota la cobertura mesozoica. La geometria d'aquestes estructures diapíriques i de les seves àrees adjacents és difícil de determinar donat el gran nombre d'hipèrboles que són originades per la morfologia irregular d'aquestes extrusions i per les deformacions produïdes en les successions envoltants. Tanmateix, en general s'observa que: a) les estructures diapíriques s'orienten principalment NE-SW a ENE-WSW i, localment, NNW-SSE, b) la seva morfologia generalment es de tipus antiformal, c) tenen associades en els seus flancs cubetes o fosses de caràcter extensiu que s'han desenvolupat sincrònicament a la formació de les estructures diapíriques, i d) se situen en els anticlinals generats durant l'etapa compressiva oligoceno terminal-mioceno mitjana. La gran similitud quant a geometria i edat entre aquestes estructures diapíriques i les descrites a les Bètiques orientals apunta a que les extrusions diapíriques de les àrees submergides del domini bètico-balear, també es van realitzar a través d'estructures extensives generades a partir del Serraval·lià.

### **Evolució estructural de les àrees submergides del domini bètico-balear**

L'edat exacta en què es va iniciar l'estructuració extensiva de les àrees submergides del domini bètico-balear és molt difícil de determinar per l'absència de sondatges que atravessin tot el conjunt de les successions que rebleixen les fosses extensives. Els dos únics sondatges petroliers realitzats a l'àrea (Cabriel B-2A i Ibiza Marino An-1 -núms. 435 i 404 de la fig. 33-) es troben emplaçats en llinars estructurals oligoceno terminal-languians, recoberts per les successions postcompressives amb posterioritat a l'inici de la fracturació extensiva. Així, segons la informació aportada per aquests pous, l'edat de l'estructuració extensiva seria postlanguiana i preserraval·liana, ja que aquestes són les edats respectives de les successions més modernes afectades per l'estructuració contractiva i de les més antigues que recobreixen subhoritzontalment els alts estructurals.

Aquesta edat és més o menys extrapolable a tota la resta de les àrees submergides del domini bètico-balear que actualment configuren la part sudoriental del solc de València, ja que en totes elles l'extensió es va iniciar entre el final de la sedimentació de les Unitats Neògenes Inferiors (Languià superior-Serraval·lià inferior ?) i l'inici de la del Grup de Castelló (Serraval·lià mitjà-superior ?). Cal assenyalar que aquesta edat implica que les estructures extensives visibles en la sísmica de reflexió del marge sudoriental del solc de València no són isòcrones amb les del marge ibèric de la Conca Catalano-balear. Aquesta heterocronia no és congruent amb els diferents models de rifting que s'han proposat per a la formació del solc de València, els quals consideren que les falles normals visibles del marge balear del solc serien sincròniques a la formació de les falles i fosses extensives del marge ibèric. Com tampoc és congruent la inclinació majoritària cap al SE de les falles de la part sudoriental del solc (fig. 178) amb el fet que aquestes siguin les generadores de l'enfonsament del solc de València respecte al Promontori Balear.

A partir del moment en què es generen els primers tascons sedimentaris oberts cap a les falles normals, sembla deduir-se que l'inici de l'estructuració extensiva no va ser isòcron a les àrees submergides del domini bètico-balear, sinó que aquesta es va iniciar abans a les parts nordorientals



(finals de la sedimentació de les Unitats Neògenes Inferiors) que en les sudoccidentals (inici de la sedimentació del Grup de Castelló).

Dins de les àrees submergides del domini bètico-balear, l'únic sector on no s'ha pogut determinar l'inici de l'estructuració extensiva és a les parts submergides del Promontori Balear. Aixó es degut a: a) la inexistència, en aquestes àrees, de sondatges que tallin els dipòsits postcompressius, i b) la manca de connexió entre les successions que rebleixen les fosses del Promontori i les sèries de rebliment del solc de València, que impedeix datar l'estructuració extensiva de la primera àrea a partir de la correlació estratigràfica amb les successions ben datades de la segona (solc de València). Ara bé, si tenim en compte que les fosses de Mallorca corresponen a la prolongació a terra de gran part de les fosses submergides del Promontori Balear, sembla evident considerar que l'edat d'inici de tot el conjunt d'aquestes fosses és la mateixa, i que per tant l'estructuració extensiva a les àrees submergides també va començar en el Serraval·lià inferior.

A més, des de l'inici de l'estructuració extensiva de l'àrea (Serraval·lià), l'activitat de les falles normals i diapirs ha estat més o menys continuada fins a l'actualitat. En tal sentit, les successions dels grups de Castelló i de l'Ebre només són afectades per estructures extensives i mostren disposicions geomètriques en tascó obert cap a les falles normals del domini bètico-balear, indicant una sincronia entre el seu moviment i la sedimentació d'aquestes unitats estratigràfiques.

L'evolució de l'activitat tectònica extensiva de les àrees submergides del domini bètico-balear és força similar a la de les àrees emergides del mateix domini. Així, iniciada en el Serraval·lià, l'activitat tectònica extensiva no ha estat uniforme sinó que també ha anat decreixent al llarg del temps, de forma que dins de l'evolució tectònica es poden diferenciar dues etapes: a) una primera etapa pretortoniana mitjana que es caracteritza per una forta activitat tectònica extensiva (etapa sinrift); b) una segona etapa iniciada en el Tortonià mitjà en la que, si bé hi ha encara una activitat tectònica extensiva, aquesta s'atenua progressivament (etapa postrift?).

La diferenciació d'aquestes dues etapes es dedueix a partir de les relacions geomètriques que s'observen entre el rebliment de la conca i les estructures extensives (fig. 182). Així, la forta activitat tectònica extensiva pretortoniana mitjana queda enregistrada per les sobtades variacions de potència, els engruiximents arran de les falles normals i diapirs, les nombroses discordances internes i la intensa fracturació que mostren les successions dipositades prèviament al Tortonià mitjà (edat aquesta aproximada). Dins d'aquesta etapa, a partir del mateixos criteris, s'observa que l'activitat tectònica és molt més important en els seus termes basals (Serraval·lià inferior?), els quals es troben restringits a les àrees més deprimides del domini.

Quant a la segona etapa iniciada aproximadament en el Tortonià mitjà, l'atenuació progressiva de l'activitat tectònica extensiva ve reflectida per la fossilització progressiva de les falles normals i dels relleus generats per aquestes, la disminució del nombre i salt de les falles extensives sinsedimentàries i una homogeneització del gruix de les successions sedimentàries. En general, aquest decreixement de l'activitat tectònica s'ha realitzat a partir d'una concentració progressiva de la deformació extensiva en les

falles normals de dimensions quilomètriques, les quals, a la seva vegada, mostren un desplaçament menor.

L'activitat tectònica plio-quadernària queda clarament enregistrada en les campanyes de sísmica de reflexió d'alta resolució dutes a terme en tot el sector (DÍAZ DEL RIO *et al.*, 1986; DÍAZ DEL RIO i REY, 1987) i, també, en les de més baixa resolució però de més alta penetració realitzades per les companyies petrolieres. Aquestes dades mostren la presència d'una fracturació extensiva que, afectant les successions quadernàries i el fons marí actual, es troba ben desenvolupada en el Promontori Balear i a la plataforma continental del sud de València. Entre les falles actives durant aquest període destaquen pel seu salt la d'Émile Baudot (2000-2500 m) i la falla que limita nordoccidentalment la fossa dels Oliva (1200-1500 m), al llarg de les quals han extruït durant el Plio-Quadernari roques volcàniques de caràcter bàsic (MAUFFRET, 1976; STANLEY *et al.*, 1976).

### III-4.4.3: Model estructural

El conjunt de les dades mesoestructurals i macroestructurals que s'han recopilat tant a les àrees emergides com submergides del domini bètico-balear, mostren que l'estructuració mioceno mitjana-quaternària d'aquest domini s'ha dut a terme en un marc regional predominantment extensiu que presenta una direcció de màxim estirament NNW-SSE a NW-SE. Aquesta situació tectònica de caire extensiu, tanmateix, no ha estat contínua en tot el domini al llarg de tot aquest període de temps, ja que les anàlisis mesoestructurals i macroestructurals mostren també que en les parts centrals i sudorientals de les Bètiques orientals es van produir durant el Tortonià basal i Quaternari inferior situacions compressives amb una direcció de màxim escurçament compresa entre el NW-SE i N-S.

Les característiques generals d'aquestes etapes compressives intraneògenes superiors són força difícils d'abordar amb el poc nombre de dades disponibles de l'àrea analitzada. En efecte, les dades obtingudes únicament denoten que a les Bètiques orientals es van desenvolupar de forma puntual tant en l'espai com en el temps falles direccionals ENE-WSW i NW-SE i plects de petita escala orientats E-W. Cal assenyalar que aquestes estructures compressives, que aparentment no tenen continuïtat cap al nord-est (Promontori Balear), cap a l'W, i ja fora del domini, arriben a estar molt més desenvolupades, fins al punt que per diversos autors francesos són les responsables de l'estructuració neògena superior d'àrea (OTT D'ESTEVOU i MONTENAT, 1985; MONTENAT *et al.*, 1987; OTT D'ESTEVOU *et al.*, 1988). Segons aquests autors, l'estructuració neògena superior de les Bètiques orientals seria essencialment de tipus direccional, de tal forma que la gènesi cubetes neògenes superiors de les Bètiques orientals estaria lligada al moviment direccional de falles orientades NE-SW sinistres, i NW-SE i WNW-ESE dextres. Aquest moviment direccional vindria generat per un regim compressiu regional més o menys continuat, que a partir de l'anàlisi meso i macroestructural presentaria una orientació de NW-SE a N-S.

Pel que fa a l'extensió, a partir de les característiques de l'estructuració mioceno mitjana-quaternària reconegudes en els diferents sectors que configuren el domini bètico-balear (fig. 183), es pot concloure que l'extensió mioceno mitja-quaternària en el domini bètico-balear es va dur a terme segons el següent esquema:

1) L'extensió es va realitzar a partir de la reactivació com a falles normals d'una gran part dels encavalcaments generats durant l'Oligocè terminal-Miocè mitjà. Tant a terra com a mar, s'observa com les falles normals o bé presenten una orientació similar als encavalcaments (lleugerament inclinades al SE) o bé s'arrelen en profunditat amb antics encavalcaments.

2) El nivell de desenganxament basal de les estructures extensives coincideix amb el del sistema d'encavalcaments oligoceno terminal-miocè mitjà, el qual passa de situar-se d'uns 2-4 km de profunditat a les àrees nordoccidentals del domini a uns 8-12 km sota el Promontori Balear. Així, les línies sísmiques analitzades a prop de l'eix del solc de València i els talls geològics compensats realitzats a les Bètiques orientals, mostren que les parts més nordoccidentals de l'edifici bètico-balear es troben afectades per nombroses falles normals postcompressives que, inclinades cap al SE, s'arrelen en l'encavalcament més frontal de l'edifici (emersió del nivell de desenganxament basal del sistema

contractiu bètico-balear). D'acord amb aquest posicionament del nivell de desenganxament basal de les falles normals postcompressives del domini bètico-balear, no s'han observat just al NW d'aquest encavalcament, estructures extensives generades o reactivades entre el Miocè mitjà i el Quaternari.

3) La gran majoria de les estructures extensives observades en superfície s'arrelen en nivells de desenganxament més somers que, situats a la cobertura mesozoico-paleògena, coincideixen amb els de les estructures contractives formades durant el Neogen inferior. A l'igual que passava amb els encavalcaments, dins de la cobertura, els nivells estratigràfics on més freqüentment s'arrelen les estructures contractives són les successions lutitico-evaporítiques del Triàsic superior (Keuper) i mitjà (Muschelkalk mitjà).

4) El sistema extensiu és format principalment per falles normals orientades de NE-SW a ENE-WSW que s'inclinen majoritàriament cap al SE. Dins d'aquestes falles, poden distingir-se dos tipus que presenten geometries diferents: un primer, poc desenvolupat en superfície, que és format per falles planars subhorizontals o lleugerament inclinades cap al SE, i un segon constituït per falles de geometria lística que s'arrelen habitualment en falles del tipus anterior.

5) La direcció de màxim estirament sembla haver-se mantingut constant amb una direcció NNW-SSE a WNW-ESE al llarg del període de temps comprès entre el Miocè mitjà i Quaternari. En efecte, en tot el domini bètico-balear es constata que les estructures extensives generades durant aquest període de temps s'orienten majoritàriament NNE-SSW a ENE-WSW. Així mateix, les ànàlisis de mesostructures fràgils realitzades en materials de diferents edats neògenes superiors tant de l'illa de Mallorca com de les Bètiques orientals mostren una direcció d'extensió més o menys constant NW-SE.

6) L'estructuració extensiva mioceno mitjana-quaternària ve clarament condicionada per l'estructura contractiva oligoceno terminal-miocena mitjana. Amb un nivell de desenganxament basal comú, tal com ja s'ha indicat, les falles normals mioceno mitjanes-quaternàries corresponen o són el resultat de la reactivació en sentit extensiu dels encavalcaments generats amb anterioritat durant l'edificació del sistema contractiu bètico-balear.

7) La direcció de transport de les diferents unitats extensives va ser preponderantment cap a l'ESE i SSE, tal com es dedueix a partir de la inclinació preponderant que cap aquest sentit mostren la major part de les falles extensives i de l'orientació WNW-ESE a NNW-SSE que presenten les falles de transferència que s'han desenvolupat sincrònicament amb les falles normals NE-SW a ENE-WSW. Aquesta direcció de transport en sentit contrari al que anteriorment havien presentat les mateixes unitats, implica que els valors d'escurçament oligoceno terminal-miocè mitjà avaluats a partir de l'estructures superficials són segurament inferiors als reals.

8) L'inici de la deformació extensiva no va ser sincrònic en tot el domini, sinó que va anar progressant de NE a SW i, probablement, de SE a NW. Així, la migració de NE a SW queda constatada pel fet que mentre a l'illa de Mallorca l'extensió postorogènica es va iniciar durant el Serraval·lià, a les Bètiques orientals, les primeres manifestacions clarament extensives no van tenir lloc fins al Tortonià inferior. La migració de SE a NW, es dedueix únicament a partir de la interpretació de

perfils sísmics de la part sudoriental del solc de València els quals mostren que l'estructuració extensiva s'hauria iniciat a la part més sudest del solc de València durant la sedimentació dels termes superiors de les Unitats Neògenes Inferiors (és a dir, Languià superior-Serraval·lià inferior), i durant la deposició de la base de Grup de Castelló (Serraval·lià mitjà) en les parts més nordoccidentals.

9) L'activitat tectònica extensiva no ha estat constant al llarg del temps, sinó que des del seu inici ha anat decreixent progressivament. En general, i a excepció potser de les Bètiques orientals on l'evolució estructural és molt més complexa per la presència d'etapes compressives, dins d'aquesta evolució poden diferenciar-se dues etapes: una pretortoniana mitjana en la que hi ha una forta activitat tectònica extensiva (etapa sinrift), i una post-tortoniana mitjana en la que, com a conseqüència d'una atenuació progressiva de l'activitat tectònica extensiva (etapa postrift ?), aquesta queda restringida gradualment a les falles de dimensions quilomètriques.

### III-4.5: ESTRUCTURA DE L'ILLA DE MENORCA

Situada a l'extrem nordoriental del Promontori Balear, l'estructura general de l'illa de Menorca és relativament ben coneguda a partir dels treballs de FALLOT (1923, 1948) i sobretot de BOURROUILH (1966; 1970a/b; 1973; 1983). Aquests estudis mostren que l'illa es troba estructurada en un sistema d'escates i làmines d'encavalcament que són recobertes discordantment per dipòsits d'edat miocena mitjana-superior (BOURROUILH i COLOM, 1968; OBRADOR, 1970; BIZON *et al.*, 1973). L'emplaçament d'aquestes làmines que involucren materials paleozoics, mesozoics i oligocens mitjans de característiques estratigràfiques força diferents a les de la resta d'illes Balears (BOURROUILH, 1970b; FOURCADE *et al.*, 1977), va ser, per consegüent, postoligocena i premiocena mitjana.

La posició de l'illa de Menorca respecte a l'orogen bètico-balear ha estat objecte de discussió des de començaments d'aquests segle. En efecte, la presència de nombrosos afloraments paleozoics a Menorca i les marcades diferències sobretot de tipus estratigràfic entre aquesta illa i Mallorca, han donat lloc a la postulació de varies hipòtesis sobre l'evolució neògena de Menorca en relació al desenvolupament de les Bètiques. Aquestes hipòtesis poden agrupar-se en: a) les que interpreten Menorca com una part de l'edifici bètico-balear, i b) les que, postulades amb posterioritat a l'anterior, consideren Menorca com un fragment de l'avant-país bètic o de la placa ibèrica que s'hauria desplaçat uns 70 km cap al SE (FOURCADE *et al.*, 1977) durant l'obertura de les conques Liguro-provençal i Catalano-balear.

Dins del primer grup d'hipòtesis, s'inclouen tant les que consideren l'illa com una reaparició de la unitat bètica interna dels Malàgüides (FALLOT, 1948; fig. 184), com les que la consideren un fragment del Prebètic extern emergit per un abombament litosfèric (BOURROUILH, 1970b). La inclusió en les Bètiques de l'illa de Menorca, segons aquestes hipòtesis, ve donada per la seva situació en la prolongació de les línies estructurals de Mallorca, la presència d'estructures contractives alpines i, també per FALLOT (1948) les suposades semblances estratigràfiques del Paleozoic i Mesozoic de Menorca amb els dels Malàgüides i Serres de Llevant de Mallorca.

Aquesta suposada similitud entre l'estratigrafia de Menorca i la d'alguns sectors de l'orogen bètic es refutada pels treballs duts a terme per diversos autors francesos (BOURROUILH, 1970b; AZÉMA *et al.*, 1974; FOURCADE *et al.*, 1977; CHAUVE *et al.*, 1978; entre d'altres), els quals mostren que les fàcies mesozoiques i paleozoiques de Menorca únicament són correlacionables amb les de Sardenya i de les Cadenes Costaneres Catalanes. Aquest fet, conjuntament amb la presència de materials paleozoics que no s'havien descrit a la resta d'illes Balears, són l'origen de la postulació del segon grup d'hipòtesis. Aquestes, tal com hem indicat, consideren que Menorca no pertany a les Bètiques, sinó que es un microbloc de la placa ibèrica desplaçat cap al SE al llarg de falles dextres orientades NW-SE.

Reafirmant definitivament aquestes hipòtesis (en l'opinió de MAUFFRET *et al.*, 1972; MAUFFRET, 1976; MAUFFRET *et al.*, 1978; i BIZON *et al.*, 1978), els treballs realitzats en les àrees submergides que envolten l'illa mostren: a) la presència de nombroses falles NW-SE que limiten sudoccidentalment (?) i nordorientalment l'estreta plataforma continental de l'illa de Menorca; b) el caràcter continu del registre estratigràfic que presenta el reblliment neogen de la part de la Conca Liguro-

provençal que es troba adosada a l'est de l'illa de Menorca (sondatge DSDP-372 -fig. 185-; HSÜ *et al.*, 1978); aquesta continuïtat del registre sedimentari des del Burdigalià inferior fins l'actualitat i l'absència de deformacions contractives en el perfil sísmsic del mateix sector, en l'opinió de BIZON *et al.* (1978), s'oposaria a la presència d'una tectònica compressiva bètica d'edat miocena inferior-mitjana.

Adoptada per la majoria d'autors que han treballat a l'àrea des dels anys 70, aquestes darreres hipòtesis han estat posades en dubte recentment per l'autor (en PARÉS *et al.*, en premsa) a partir dels estudis paleomagnètics duts a terme a les Balears (FREEMAN, *et al.*, 1988; 1989; PARÉS *et al.*, en premsa), la constatació que hi ha involucrats materials paleozoics en l'edifici compressiu de Mallorca (RODRÍGUEZ-PEREA i RAMOS-GUERRERO, 1984), i la pròpia estructura de l'illa de Menorca.

En relació a aquest darrer punt, partir de l'anàlisi de les dades recopilades en els treballs que s'han dut a terme a l'illa, seguidament s'exposaran les principals característiques de l'estructuració cenozoica de l'illa de Menorca, per tal de poder discutir més endavant les implicacions que comporten a l'hora de situar l'illa de Menorca en relació a les Bètiques.

## Estructura

Des del punt de vista morfològic i geològic, l'illa de Menorca està dividida en dues parts separades per una línia imaginària WNW-ESE que aniria des de Maó fins a la Cala Morell passant per Ferreries: a) el *Migjorn*, que comprèn tot el sudoest de Menorca, és format per materials miocens superiors disposats subhoritzontalment a lleugerament inclinats cap al SW tallats per unes poques falles normals WNW-ESE; i b) la *Tramuntana*, que reuneix tots els afloraments d'edat paleozoica, mesozoica i oligocena que, deformats contractivament, constitueixen la meitat nordoriental de l'illa.

Amb una estructura i materials d'edat diferent, cadascun d'aquests dos sectors, enregistra una etapa diferent de l'estructuració cenozoica de l'illa. Així, l'estructura de l'àrea de Tramuntana reflecteix principalment una etapa compressiva desenvolupada entre l'Oligocè superior i el Miocè superior (edats respectives dels materials més moderns afectats i dels més antics que fossilitzen les estructures), i l'estructura de l'àrea de Migjorn una etapa extensiva desenvolupada sincrònicament amb la deposició de les successions mioceno superior-quaternàries que afloren en aquest sector.

### *Estructura contractiva de l'illa de Menorca*

Present únicament a l'àrea de Tramuntana, l'estructura contractiva de l'illa ve marcada, principalment, per la presència d'un conjunt de falles direccionals WNW-ESE i d'un sistema d'encavalcaments i plects que, en superfície, mostren una traça orientada preferentment NE-SW i NW-SE (fig. 186). De totes aquestes estructures contractives, les més prominents i ben desenvolupades són els encavalcaments, que són generalment subhoritzontals a lleugerament inclinats cap al SE o NE. Aquests encavalcaments, que involucren totes les roques devonians a oligocenes superiors d'aquest sector de l'illa, presenten dos nivells de desenganxament principals: un situat en el sòcol hercinià per sota del Devonian, i un altre, desenvolupat tan sols en les làmines d'encavalcament més superiors, que se situa en les successions evaporítico-lutítics del Keuper (fig. 187). Localment, també hi ha

desenganxaments situats en posicions estratigràfiques intermèdies, concretament en els nivells lutfics vermells del Permià i del sostre del Buntsandstein.

Separades pel nivell de desenganxament format per les successions lutfíco-evaporítiques del Keuper, dins del sistema d'encavalcaments poden distingir-se dues unitats encavalcants que, constituïdes per vàries làmines imbricades, presenten característiques estructurals diferents.

*Unitat inferior.* Comprèn totes les roques pretriàsiques superiors de l'illa i és formada per un complex sistema de làmines d'encavalcament limitades a sostre per l'encavalcament basal de la unitat superior. La direcció d'imbricació d'aquestes làmines és predominantment cap al NW i SW, tal com queda reflectit per la vergència en aquest sentit que presenten els plecs NE-SW i NW-SE associats als encavalcaments. Tot aquest sistema d'estructures contractives tallen i són tallats per falles subverticals WNW-ESE de longituds quilomètriques, direccionals, i que segurament, correspondrien a falles del tipus "tear-fault".

La presència d'estructures vergents tant cap al NE com cap al NE i SW, ha originat que tradicionalment (BOURROUILH, 1983) s'hagi interpretat l'estructura contractiva de l'àrea de Tramuntana de Menorca com el resultat de dues fases tectòniques: una primera compressiva NE-SW i una segona NW-SE. Tanmateix, tal com per exemple s'ha constatat a la resta d'illes Balears, la presència de dues o més direccions estructurals no té per que indicar diferents etapes deformatives, sinó que poden ser compatibles amb una única etapa. En tal sentit, la manca de criteris clars que indiquin que els encavalcaments i plecs NW-SE són anteriors als NE-SW, possibilita pensar que ambdues direccions estructurals es van desenvolupar sincrònicament dins d'un mateix procés deformatiu. Així, la disposició espacial de les rampes associades als encavalcaments (dirigides segons el mapa de BOURROUILH, 1983 cap al NW i SW) i de la direcció WNW-ESE de les falles direccionals desenvolupades sincrònicament amb els encavalcaments ("tear-faults"), es dedueix que l'estructura de la unitat inferior de l'àrea de Tramuntana és congruent amb l'emplaçament cap a l'WNW d'un seguit de unitats encavalcants. Segons aquest model, la complexa geometria ortogonal que presenta l'estructura d'aquesta unitat seria el resultat l'interacció entre un seguit de rampes frontals (NNE-SSW) i oblíquies (NW-SE).

*Unitat superior.* Disposada subhoritzontalment per sobre de la unitat inferior, aquesta unitat està estructurada en un conjunt de grans làmines subtabulars, localment imbricades, constituïdes per roques juràssico-oligocenes superiors. El contacte basal d'aquest sistema se situa, per tant, en el Keuper, el qual mitjançant un contacte tectònic subhoritzontal de tipus subtractiu es diposa tallant les làmines i estructures de la unitat inferior de l'àrea de Tramuntana. El caràcter subtractiu d'aquest contacte implica que la superposició de la unitat superior sobre la inferior es va realitzar o bé a partir d'un encavalcament emplaçat fora de seqüència o bé a partir d'una falla extensional. D'aquestes dues hipòtesis, la que sembla més congruent amb les dades estructurals recopilades a l'illa és la que interpreta el contacte com un encavalcament fora de seqüència, ja que a part d'aquest possible contacte, tota la resta d'estructures premiocenes superiors de l'illa de Menorca són clarament compressives.

Aquestes característiques de la superfície basal de la unitat superior, conjuntament amb l'absència de treballs que analitzin les mesostructures que presenta, donen lloc a que no s'hagi pogut



determinar directament la direcció de transport de la unitat superior sobre la inferior. Ara bé, si tenim en compte que: 1) la direcció d'imbricació de les làmines d'encavalcament del bloc superior és majoritàriament cap al NW, 2) les làmines es troben estructurades, localment, en plecs NE-SW, i 3) el desenvolupament de les estructures anteriors va anar acompanyada de la formació de falles direccionals WNW-ESE, sembla factible suposar que la unitat superior es va emplaçar cap a l'WNW.

De totes aquestes dades es pot concloure que l'estructura premiocena superior de Menorca és compatible amb un apilament d'unitats d'encavalcament desenvolupades sota una situació contractiva WNW-ESE a NW-SE. L'escurçament que implica l'aplicació d'aquest model a l'estructura premiocena superior, no s'ha pogut avaluar amb les dades disponibles, així com tampoc el tipus de seqüència en què es van emplaçar les diferents làmines de la unitat inferior.

### *Estructura extensiva de l'illa de Menorca*

Encara que també hi són presents a l'àrea de Tramuntana, on s'observen encavalcaments reactivats com a falles normals (fig. 187), les característiques de les estructures extensives mioceno superior-pleistocenes s'han analitzat principalment al Migjorn de Menorca. En aquesta àrea, les successions mioceno superior-pleistocenes són afectades per dos sistemes de fractures extensives: un majoritari orientat paral·lelament a les falles de tipus "tear-fault" premiocenes superiors (NW-SE) i un de caràcter molt més minoritari N-S (BOURROUILH, 1983).

El sistema de fractures NW-SE és format per falles extensives que presenten, almenys les observades o deduïdes geofísicament, un salt decamètric a hectomètric i una longitud que pot arribar a ser quilomètrica. La inclinació de les falles sembla ser predominantment cap al NE, tal com queda reflectit pel basculament que, cap al SW, mostra el substrat premiocè superior i les successions mioceno superior-pleistocenes més inferiors. Aquest basculament generalitzat d'uns 5-35° cap al SW de la discordança que separa el substrat del Miocè superior (BOURROUILH, 1983), així com la disposició més o menys subhoritzontal de la superfície topogràfica, és el causant de la disposició geològica actual dels afloraments de Menorca amb una meitat nordoriental (Tramuntana) formada per materials del substrat paleozoico-oligocè superior i una meitat sudoccidental constituïda per successions mioceno superior-pleistocenes.

Reconegudes a la part central de la costa sudoccidental i al NW de l'illa de Menorca, les fractures N-S són falles de geometria bastant desconeguda, de tal forma que únicament se sap que en el NW de Menorca (Puntes d'Es Llosar i Sa Pedra Alta), enfonsen el blocs occidentals.

A part d'aquests dos sistemes principals de falles, també s'han reconegut, localment, falles orientades NE-SW i E-W que afecten les successions mioceno superior-quadernàries.

## Evolució estructural de l'illa de Menorca

L'evolució estructural cenozoica de l'illa de Menorca és bastant desconeguda donada l'absència de materials sedimentaris dipositats sincrònicament amb el desenvolupament de les diferents estructures tectòniques. Així, de l'estructuració contractiva de l'illa només se'n sap que va ser posterior a la deposició dels materials oligocens superiors d'Es Macar de Sa Llosa i anterior a la deposició dels conglomerats basals de la sèrie miocena superior de l'àrea de Migjorn.

Quant a l'etapa extensiva, la presència de falles normals que només afecten la part inferior de les successions mioceno superior-pleistocenes i de disposicions en ventall obert cap a les falles que presenten les mateixes successions, denoten que l'activitat tectònica extensiva va ser sincrònica amb la seva deposició. A més, el Miocè superior-Pleistocè únicament està afectat per falles de tipus extensiu. L'activitat recent d'aquesta tectònica extensiva és força evident, tal com queda constatat per: 1) els importants terratremols que ha sofert l'illa, 2) les nombroses falles que tallen les terrasses, platges i dunes quaternàries, 3) la presència de fractures que afecten construccions antròpiques, 4) els desnivellaments de terrasses quaternàries, o 5) la inversió en el sentit del cursos d'aigües superficials (BOURROUILH, 1983).

## Consideracions generals sobre el marc regional de l'estructuració de Menorca

A partir d'aquestes dades estructurals i dels estudis paleomagnètics duts a terme recentment a les Balears (PARÉS *et al.*, en premsa), es constata que, a diferència del que s'havia proposat fins ara, existeix una bona correlació entre l'estructuració de l'illa de Menorca i la de Mallorca. En efecte, l'estructuració neògena d'ambdues illes es caracteritza per presentar:

1) Dues fases tectòniques que se succeeixen en el temps, la primera contractiva que comporta el desenvolupament d'un sistema d'encavalcaments i la segona extensiva amb formació de falles normals. Segons les datacions realitzades a Mallorca, l'edat del desenvolupament d'ambdues fases, seria respectivament oligoceno terminal-languiana i serraval.liano-quaternària, edats que són compatibles amb les acotacions realitzades per aquestes mateixes fases a l'illa de Menorca (postoligocena superior i premiocena superior per a la contractiva, i sinmiocena superior-quaternària per a l'extensiva).

2) Una estructura contractiva caracteritzada per la presència de plecs i encavalcaments que s'orienten preferentment ENE-WSW a NE-SW i de falles direccionals NW-SE a WNW-ESE sincròniques a l'emplaçament de les làmines d'encavalcament ("tear faults"). En aquests sistemes, en ambdues illes es diferencien: a) unes unitats inferiors desenganxades a nivell de sòcol hercinià que són formades per un sistema de làmines d'encavalcament imbricades preferentment cap al NW, i b) unes unitats superiors que, desenganxades a nivell del Keuper, són constituïdes per un conjunt de làmines subhoritzontals, localment imbricades, que tallen les làmines i estructures de les unitats inferiors. Segons aquesta estructuració, la seqüència de formativa, deduïda a Mallorca i que es compatible amb les dades de Menorca, inclou tres estadis: 1) Formació d'un sistema imbricat d'encavalcaments que, a Mallorca, s'hauria emplaçat clarament en una seqüència de tipus coll-i-bé; 2) Emplaçament fora de seqüència de les unitats o làmines d'encavalcament superiors; i 3) Plegament d'aquestes unitats superior

per la deformació generada pel continuat emplaçament de làmines d'encavalcament més profundes, denotant que a gran escala es produeix una propagació de tipus coll-i-bé. Aquesta últim episodi només s'ha constatat a l'illa de Mallorca.

3) Una direcció de transport de les diferents làmines d'encavalcament cap al NW o WNW, tal com queda ben definit a les dues illes per la manca de rampes dirigides cap al SE i la direcció WNW-ESE i NW-SE de les falles direccionals desenvolupades sincrònicament a l'emplaçament dels encavalcaments.

4) Rotacions en sentit dextre, tant sincròniques amb l'etapes d'estructuració contractiva com extensiva d'ambdues illes. En efecte, les anàlisis paleomagnètiques realitzades (FREEMAN *et al.*, 1988; 1989; PARÉS *et al.*, en premsa) mostren que les roques que configuren Menorca i Mallorca han estat rotades durant dues etapes: a) una miocena superior-pliocena, que queda enregistrada per la rotació dextra d'entre  $14^{\circ}$  i  $38^{\circ}$  que presenten les successions d'aquestes edats, i b) una miocena inferior-mitjana, en la que, una vegada extreta la rotació miocena superior-pliocena, els materials mesozoics i miocens inferiors van rotar també en sentit dextre uns  $15-40^{\circ}$ . Cal assenyalar que dins de cada illa aquestes rotacions no són uniformes sinó que varien entre les diferents estacions paleomagnètiques, suggerint que, almenys una gran part de la rotació total, sigui deguda a rotacions de blocs a petita escala (PARÉS *et al.*, en premsa).

Aquesta rotació dextra de les roques de l'illa de Menorca, conjuntament amb les característiques de l'estructura cenozoica de Menorca que acabem d'exposar, van en contra dels models que han postulat que Menorca no pertany a l'edifici bètic, sinó que és un fragment del seu avantpaís desplaçat cap al SE durant l'obertura de la Conca Liguro-provençal.

En efecte, a part de no tenir en compte l'evolució estructural cenozoica de l'illa de Menorca, que tal com ja havia postulat BOURROUILH (1973) és molt similar a la de Mallorca, els models que han negat la pertinença de Menorca a les Bètiques han utilitzat com arguments bàsics: la manca de materials paleozoics a la resta de les illes Balears, la diferent estratigrafia de les successions mesozoiques i el caràcter continu del registre estratigràfic que presenta el rebliment neogen de la part de la Conca Liguro-provençal que es troba adosada a l'est de l'illa de Menorca (sondatge DSDP-372 -fig. 185-; MAUFFRET *et al.*, 1978). Els dos primers arguments no són sostenibles a la vista de la presència de materials paleozoics a Mallorca (RODRÍGUEZ-PEREA i RAMOS-GUERRERO, 1984) i, sobretot, a partir del fet que l'edificació d'un sistema contractiu no té per que venir condicionada per la paleogeografia preexistent. Quant a la continuïtat del registre sedimentari neogen observat en el sondatge DSDP-372 i l'absència de deformacions contractives a les àrees circumdats a aquest, cal assenyalar que aquest se situa al NE del marge nordoriental de Menorca i per tant, a l'altre costat de les falles WNW-ESE que separen Menorca de la Conca Liguro-provençal.

Per la seva banda, segons els models que impliquen que Menorca és un bloc cortical desplaçat cap al SE sincrònicament amb la rotació senestre del Bloc Corso-sard (Aquitanià-Burdigalià inferior: MONTIGNY *et al.*, 1981; BURRUS, 1984), l'illa de Menorca hauria de caracteritzar-se paleomagnèticament per: 1) les roques preaquitanianes de l'illa de Menorca mostressin una declinació

paleomagnètica paral·lela a Ibèria o lleugerament girada en sentit senestre com el Bloc Corso-sard, i 2) no hi haguessin rotacions postburdigalians inferiors (fi de l'obertura de la Conca Liguro-provençal). En canvi, les anàlisis paleomagnètiques dutes a terme recentment a Menorca mostren que les característiques paleomagnètiques de Menorca no encaixen en aquest model, ja que enregistren únicament rotacions dextres que, a més, s'han generat amb posterioritat al Burdigalià inferior. Aquestes característiques paleomagnètiques, tal com hem indicat, són, en canvi, força similars a les que presenten les àrees més properes que pertanyen a l'edifici bètico-balear (Mallorca) i la resta de les Bètiques (OSETE *et al.*, 1988; GROOT *et al.*, 1989).

De tots aquests arguments, es dedueix que l'estructura i evolució estructural cenozoica de l'illa de Menorca és més congruent amb les hipòtesis que suggereixen que aquesta pertany a l'edifici bètico-balear que amb les que postulen que l'illa correspon a un fragment cortical desplaçat cap al SE que a més no ha estat deformat durant l'edificació de l'orogèn bètico-balear. Així, tal com ja havia postulat FALLOT (1948), cal considerar que l'acabament nordoriental de l'edifici bètico-balear se situa al NE de Menorca, al llarg del sistema de falles NW-SE de la zona de fractura Nord-balear, la qual constitueix el límit entre la Conca Catalano-balear i la Liguro-provençal. L'illa de Menorca, segons aquest model, correspon l'extrem nordoriental de l'edifici bètico-balear.

### III-5: SÍNTESI ESTRUCTURAL DE LA CONCA CATALANO-BALEAR

D'acord amb les dades exposades als apartats III-3 i III-4 (estructura dels dominis catalano-valencià i bètico-balear), l'estructura de la regió ocupada per la Conca Catalano-balear és el resultat de la superposició en la mateixa àrea d'un conjunt d'estructures contractives i extensives, que s'han anat format al llarg del Mesozoic i Cenozoic (fig. 188). En funció del moment en què s'han desenvolupat aquests diferents tipus d'estructures, dins de l'evolució meso-cenozoica de l'àrea poden distingir-se quatre grans etapes, el trànsit entre les quals ha estat heteròcron i més o menys gradual:

*Mesozoic.* Finalitzada l'orogènia herciniana, durant el Mesozoic, va tenir lloc el desenvolupament d'una tectònica extensiva que va donar lloc a la formació d'un sistema de cubetes i llindars separats per falles extensives. Entre les cubetes generades durant aquests període, destaquen les del Maestrat i Columbrets que, amb una orientació E-W i NE-SW, se situen respectivament ocupant la Zona d'Enllaç de la Serralada Ibèrica-Cadenes Costaneres Catalanes i el solc de València.

Les característiques del sistema de falles extensives mesozoiques són bastant desconegudes, donades les importants deformacions contractives i extensives que s'han desenvolupat amb posterioritat a l'àrea de la Conca Catalano-balear. Tanmateix, de l'anàlisi estructural realitzada, sembla deduir-se que l'extensió mesozoica es va realitzar a partir de la formació d'un sistema de falles extensives de geometria lífrica que es trobarien desenganxades a nivell intracortical. L'orientació d'aquestes estructures seria principalment NE-SW a ENE-WSW a la major part de l'àrea de la Conca Catalano-balear (Cadenes Costaneres Catalanes, solc de València, Promontori Balear i Bètiques orientals), i NW-SE a E-W a la Serralada Ibèrica i Zona d'Enllaç.

Dins d'aquests sistemes extensius, les falles amb un salt major se situarien en els marges de les principals cubetes mesozoiques, és a dir, al llarg de les Cadenes Costaneres Catalanes (límit nordoccidental del sistema de cubetes NE-SW de l'àrea del solc de València -cubetes Catalana i de les Columbrets-) i del marge sud i sudoest de la conca de l'Ebre (límit nord i nordoriental del sistema de les cubetes NW-SE i E-W de la Serralada Ibèrica -cubeta del Maestrat-). Aquesta manca de coincidència entre les àrees aparentment més estirades superficialment, i les que presenten una major acumulació de sediments mesozoics i una subsidència tèrmica més gran (zones amb un major aprimament litosfèric) suggereix que l'extensió cortical mesozoica es va realitzar segons un model de cisalla simple.

*Trànsit Cretaci-Paleocè - Oligocè superior.* A causa de la compressió regional generada per la convergència Ibèria-Euràsia, durant aquest període de temps va tenir lloc una inversió generalitzada de la topografia mesozoica, de manera que les cubetes van esdevenir zones elevades amb desenvolupament de processos erosius i les àrees emergides mesozoiques van passar a ser àrees d'acumulació de sediments. A la regió de la Conca Catalano-balear, aquesta situació va quedar reflectida per l'emersió de la Serralada Ibèrica i del conjunt solc de València-Cadenes Costaneres Catalanes, i la formació de la conca de l'Ebre.

L'anàlisi de les estructures paleògenes de l'àrea, mostra que aquesta inversió es va realitzar, principalment, a partir de la reactivació en moviment contractiu de les falles extensives que vorejaven les antigues cubetes mesozoiques. En aquest sentit, dins de l'àrea analitzada, es constata que mentre les àrees ocupades per les antigues cubetes mesozoiques van ser poc deformades internament, en els seus marges (Cadenes Costaneres Catalanes, vores NE i SW de la Serralada Ibèrica i marge NW del Promontori Balear), en canvi, es van desenvolupar complexos sistemes d'estructures contractives.

Les característiques geomètriques i cinemàtiques d'aquestes estructures, venen fortament condicionades per l'orientació dels antics marges mesozoics respecte a la direcció de compressió regional N-S. Així, quan els marges s'orientaven perpendicularment a aquesta direcció de compressió, es van desenvolupar sistemes d'encavalcaments E-W, i quan la seva orientació era més o menys oblíqua es van generar sistemes transpressius (NE-SW en les Cadenes Costaneres Catalanes i NW-SE a la Serralada Ibèrica). Encara que es troben desenganxats moltes vegades en diferents nivells de la cobertura mesozoica, tots aquests sistemes d'estructures presenten el seu nivell de desenganxament basal situat en una posició intracortical (10-15 km).

A l'igual que passa amb el Pirineu, l'inici i finalització de l'estructuració contractiva paleògena no va ser sincrònica a tota l'àrea de la Conca Catalano-balear, sinó que va anar migrant de NE cap al SW. Així, mentre a les àrees més nordorientals l'estructuració contractiva va tenir lloc entre el Cretaci superior i l'Oligocè inferior-mitjà, més al SW (Serralada Ibèrica i Bètiques orientals) aquesta es va produir principalment entre l'Eocè mitjà i el trànsit Oligocè-Miocè inferior.

*Oligocè terminal - Miocè mitjà.* Correspon a la primera etapa en la que va començar a configurar-se l'estructura actual de la Conca Catalano-balear (fig. 189), ja que és durant aquest període quan es va formar la Conca Catalano-balear com a conseqüència del desenvolupament sincrònic d'un sistema d'estructures extensives en el marge oriental d'Ibèria (domini catalano-valencià), i d'un sistema de plecs i encavalcaments en el Promontori Balear, Bètiques orientals i sudest del solc de València (domini bètico-balear).

Així, relacionada amb l'obertura de la Conca Liguro-provençal, de la qual constitueix la seva terminació sudoccidental, l'estructuració oligoceno terminal-miocena mitjana de la Conca Catalano-balear va venir marcada, en primer lloc, pel desenvolupament d'un sistema extensiu format per falles normals orientades essencialment de ENE-WSW (sectors nordorientals de la conca) a N-S (sectors sudoccidentals de la mateixa). El moviment normal de les quals va generar: a) la formació d'un sistema de horsts i grabens orientats ENE-WSW a N-S al llarg de les Cadenes Costaneres Catalanes i de la part SE de la Serralada Ibèrica, i b) l'enfonsament de nou de les àrees ocupades per les antigues cubetes mesozoiques del solc de València. Aquesta geometria extensiva es el resultat, si més no a les parts septentrionals de la conca, d'una nova inversió, aquesta vegada en sentit negatiu, de les principals falles que limitaven les cubetes mesozoiques del solc de València.

Segons les dades geomètriques i geofísiques disponibles, aquestes falles majors extensives del marge de la Conca Catalano-balear estarien desenganxades a una profunditat de 13-15 km (àrees nordorientals) i de 10-13 km (àrees sudoccidentals), de manera que el nivell de desenganxament basal

extensiu, se situaria a les àrees centrals del solc de València en la Moho, i a la resta d'àrees de la conca en una posició intracortical. Localment, allà on les successions mesozoiques preservades són potents, les estructures extensives es troben també desenganxades en diferents termes de la cobertura mesozoica, tals com les successions lutfíco-evaporfíques del Keuper o les fàcies "Utrillas" del Cretaci superior.

Igual que per l'extensió mesozoica, però de forma més clara, la discrepància quant a les àrees més apimades i les més estirades superficialment indica que l'extensió oligoceno terminal-miocena mitjana es va realitzar, a nivell cortical, segons un model de cisalla simple.

Sincrònicament al desenvolupament d'aquests processos extensius, al SE de la Conca Catalano-balear tenia lloc l'inici de l'edificació del sistema contractiu bètico-balear. Aquest sistema, que progressivament va anar involucrant materials situats en posicions cada vegada més nordoccidentals, presenta una clara vergència cap al NW i es configura per un apilament d'unitats encavalcants que, amb un gruix total de 8-12 km sota el Promontori Balear, s'aprima cap al NW fins arribar a tenir només uns 2-4 km a les àrees més nordoccidentals del sistema.

Des del punt de vista geomètric, dins d'aquest apilament d'unitats encavalcants poden diferenciar-se dos sistemes separats per la superfície de desenganxament del Keuper: a) un d'inferior constituït per roques del sòcol hercinià i del Triàsic inferior-mitjà estructurades en un conjunt de "horses" imbricats principalment cap al NW, i b) un sistema superior format per roques d'edat post-triàsica superior que s'estructuren en làmines d'encavalcament imbricades també essencialment cap al NW. La direcció d'emplaçament d'aquestes làmines d'encavalcament, deduïda a partir de la geometria de les rampes i de l'orientació de les falles direccionals sincròniques a l'emplaçament de les unitats d'encavalcament, va ser cap a l'WNW-NW. Tanmateix, la presència de falles quilomètriques ENE-WSW de tipus direccional dextre, suggereix que també van haver-hi importants desplaçaments de les àrees més internes de l'edifici cap a l'W.

Pel que fa referència a l'evolució de totes aquestes estructures contractives i extensives al llarg del període de temps comprès entre l'Oligocè terminal-Miocè mitjà, s'ha constatat que: a) A l'igual que passava amb l'estructuració contractiva paleògena, l'inici de l'estructuració extensiva de l'àrea no va ser isòcron, sinó que a les parts més nordorientals es va iniciar durant l'Oligocè superior, mentre que a les àrees més sudoccidentals no va tenir lloc fins a començaments del Miocè inferior; b) L'activitat tectònica extensiva, des del Burdigalià inferior, va disminuir progressivament i es va anar concentrant cada vegada més als marges més nordoccidentals de la Conca Catalano-balear; i c) Iniciat durant l'Oligocè superior en àrees situades immediatament al SE del Promontori Balear, el sistema d'encavalcaments bètico-balear va anar afectant sectors cada vegada situats en posicions més nordoccidentals de la Conca, fins arribar al Languià-Serraval·lià, moment en el qual van quedar involucrades en l'edifici bètico-balear la part SE del solc de València, el Promontori Balear i les Bètiques orientals. Aquesta migració cap al NW del front d'encavalcaments va donar lloc a una reducció de l'àrea ocupada per la Conca Catalano-balear i a la incorporació progressiva en l'edifici contractiu d'àrees fracturades extensivament durant l'Oligocè terminal-Miocè basal.

*Miocè mitjà - Quaternari.* Desenvolupada amb posterioritat a l'edificació del sistema de plecs i encavalcaments bètico-balear, aquesta etapa es caracteritza pel col.lapsament extensiu d'aquest sistema contractiu (fig. 189). Així, a partir del Serraval·lià (Promontori Balear) i del Tortonià inferior (Bètiques orientals), l'edifici bètico-balear s'estructura en un complex sistema de horsts i fosses que, orientats predominantment ENE-WSW, resulten de la reactivació en sentit extensiu d'antics encavalcaments neogens inferiors.

D'acord amb aquesta reactivació, les falles extensives són de dos tipus: a) planars amb una superfície subhoritzontal a lleugerament inclinada cap al SE, i b) lístriques amb plans inclinats preferentment cap al SE; on el pla de les primeres i el nivell de desenganxament d'aquestes últimes, generalment, coincideix amb el de les estructures contractives generades durant l'Oligocè superior-Miocè mitjà.

Aquesta important estructuració extensiva del domini bètico-balear, aparentment, no queda reflectida en el domini catalano-valencià (àrees no estructurades contractivament durant el Neogen inferior), on durant aquest període continua esmorteint-se l'activitat tectònica de les principals falles normals. Aquest fet, denota que l'extensió postmiocena mitjana va quedar restringida a les àrees afectades per les estructures contractives i que el nivell de desenganxament basal d'aquesta estructures extensives concorda amb el de l'edifici contractiu bètico-balear.

Dins del procés de desenvolupament d'aquesta estructuració extensiva del domini bètico-balear, l'activitat tectònica extensiva tampoc s'ha mantingut constant, sinó que ha anat disminuït de forma progressiva al llarg del temps. Ben desenvolupada en el Miocè superior durant el qual genera nombroses falles normals i extrusions diapíriques, a partir del Miocè terminal, l'activitat tectònica extensiva va quedant restringida progressivament a les falles majors de la part més sudorientals del domini (Promontori Balear). Aquesta disminució va acompanyada, a partir del Quaternari inferior i en les parts més internes de les Bètiques, del desenvolupament d'una tectònica direccional que respon a una nova situació regional compressiva NNW-SSE.



**Capítol IV**

**EVOLUCIÓ GEODINÀMICA  
I  
CONSIDERACIONS GENERALS**



## IV-1: INTRODUCCIÓ

Una vegada exposades les principals característiques estructurals, magmàtiques i estratigràfiques de la regió de la Conca Catalano-balear, en aquest capítol es pretèn sintetitzar-les, a la fi de poder postular un model evolutiu per aquesta àrea en l'interval de temps comprès entre el Cretaci inferior i l'actualitat. Així mateix, i partint d'aquest model evolutiu, es presenten unes consideracions generals sobre l'evolució deduïda i dels problemes que encara queden plantejats.

## IV-2: EVOLUCIÓ GEODINÀMICA DE LA CONCA CATALANO-BALEAR

Com ja s'ha indicat en l'apartat I-4.1 (Cinemàtica de la Mediterrània occidental), per a postular qualsevol model evolutiu, és important, en primer lloc, tenir en compte i conèixer les característiques de l'evolució de l'àrea analitzada a l'escala de la tectònica de plaques. En efecte, la complexitat estructural i magmàtica que mostra la regió de la Conca Catalano-balear és el fruit, en el fons, dels diferents tipus de moviments relatius que han sofert les plaques africana, ibèrica i euroasiàtica des de la seva individualització en el Mesozoic. Així, situada en la part occidental de la Mediterrània, l'àrea estudiada ha estat sotmesa a situacions compressives i extensives que reflecteixen: a) l'obertura de l'Atlàntic i del Golf de Biscaia durant el Juràssic-Cretaci (Lias-Santoniana), i b) el procés de convergència Euràsia-Àfrica que, iniciat en el Cenomanià-Turoniana, es pot descompondre en dues etapes (ROEST i SRIVASTAVA, 1991), una primera cretàcico superior-oligocena inferior en la que la convergència va tenir lloc entre Ibèria i Euràsia i una segona oligoceno superior-quaternària en la que aquesta s'ha solucionat a nivell de límit Ibèria-Àfrica (fig. 190). El trànsit entre totes aquestes etapes, encara que gradual, no ha estat sincrònic al llarg dels límits entre les diferents plaques o microplaques. Així, per exemple, durant el procés de convergència Euràsia-Àfrica, es constata, a nivell d'Ibèria, que la substitució de la convergència Euràsia-Ibèria per la d'Ibèria-Àfrica va produir-se a les parts més orientals durant l'Oligocè mitjà i a les parts més occidentals durant el Miocè inferior.

Aquest caràcter heteròcron i gradual del trànsit entre les diferents situacions geodinàmiques regionals generades durant aquestes etapes, és evident a la regió de la Conca Catalano-balear, on la substitució entre els processos tectònics i magmàtics relacionats amb el desenvolupament de cadascuna d'aquestes situacions ha estat progressiu i no ha tingut lloc sincrònicament a tota la regió (vegeu apartat III-5). Això fa, que sigui força difícil establir uns límits entre les diferents fases evolutives mesozoiques de la regió de la Conca Catalano-balear. Tanmateix, per tal de poder abordar la descripció de l'evolució geodinàmica de la regió de la Conca Catalano-balear s'ha dividit en quatre grans etapes: Mesozoic, Paleogen, Miocè inferior-mitjà i Miocè mitjà-Quaternari.

En la descripció de cadascuna d'aquestes etapes no només s'han sintetitzat els principals trets estructurals, magmàtics i estratigràfics de l'interval considerat, sinó que també s'ha intentat definir l'estructura cortical. En cada etapa, aquesta estructura s'ha inferit a partir de les anàlisis de subsidència realitzades i, sobretot, de la restitució d'un tall cortical que des dels Pirineus fins al SE de Mallorca talla les grans unitats estructurals de la Conca Catalano-balear. Aquesta restitució, que en determinats

períodes ha tingut en compte la deformació en direcció perpendicular al tall, s'ha dut a terme conservant l'àrea del sòcol i la longitud de les línies en la cobertora. No té en compte, per tant, les possibles migracions i transformacions de matèria que es puguin produir, principalment, a nivell de la Moho.

El tall cortical utilitzat per restituir i reconèixer l'estructura de la regió de la Conca Catalano-balear en els seus diferents estadis evolutius, s'ha elaborat amb dades geològiques recopilades a terra per membres del grup de tectònica de la Universitat de Barcelona i dades geofísiques obtingudes pels equips científics i companyies petroleres que han treballat a l'àrea (fig. 191). Així, l'estructura de l'escorça superior s'ha determinat a partir de la interpretació de perfils de sísmica de reflexió, de la informació aportada pels sondatges petrolers (àrees submergides) i les dades de camp (àrees emergides). Per sota d'aquest nivell estructural, la geometria de la Moho s'ha deduït a partir de les dades de sísmica de reflexió profunda i de refracció obtingudes en la proximitat de la traça del tall (HINZ, 1972; 1973; BANDA *et al.*, 1980; GALLART *et al.*, 1980, 1984; CHOUKROUNE i ECORS team, 1989; GALLART *et al.*, 1990; TORRES, 1991; DAÑOBEITIA *et al.*, en premsa; PASCAL *et al.*, en premsa; TORNÉ *et al.*, en premsa), completades amb la modelització gravimètrica que sobre el mateix tall han realitzat DESEGAULX i ROCA (sotmès).

A part d'aquest tall cortical i per tal d'establir l'evolució tridimensional de la regió de la Conca Catalano-balear també s'han elaborat mapes palinspàstics per a cada etapa en els que s'han assenyalat les principals estructures actives, la distribució de les àrees emergides i submergides i, en el seu cas, les manifestacions magmàtiques. Aquests mapes, conjuntament amb el tall cortical ja ressenyat, s'han utilitzat com a base per a fer la descripció de l'estructura de la regió de la Conca Catalano-balear en cadascun dels quatre períodes en què s'ha subdividit l'evolució d'aquesta regió.

Finalment, una vegada finalitzada la descripció de les principals característiques de cada etapa diferenciada, aquestes s'han comparat amb les que presenten la resta d'unitats estructurals desenvolupades durant el mateix període a la Mediterrània occidental. Aquesta comparació s'ha dut a terme, principalment, per completar i constrènyer el model evolutiu deduït exclusivament amb les dades de l'àrea estudiada i per tal d'integrar l'evolució de la regió de la Conca Catalano-balear en un àmbit regional més ampli.

Donat que la restitució de les estructures tant en el tall com en els mapes, s'ha realitzat a partir de la substracció de les deformacions generades per les etapes posteriors, en aquest capítol, i a diferència dels capítols II i III, s'han descrit les diferents etapes evolutives de la regió de la Conca Catalano-balear de més moderna a més antiga.

## IV-2.1: MIOCÈ MITJÀ - QUATERNARI

Iniciada a les parts nordorientals de la conca (Mallorca) en el Serraval·lià inferior-mitjà i a les parts sudoccidentals (Bètiques orientals) en el Tortonià inferior, aquesta etapa es caracteritza per l'establiment d'una situació extensiva generalitzada a nivell de tota la Conca Catalano-balear (figs. 192 i 193).

És durant aquesta etapa quan es configura la Conca Catalano-balear, tal com la coneixem avui en dia. En efecte, limitada al NW i W per les falles normals que reseguixen més o menys la costa actual, la tectònica extensiva desenvolupada durant aquest període en el domini bètico-balear origina la individualització del Promontori Balear i l'enfonsament de gran part de les àrees estructurades contractivament durant l'Oligocè terminal-Miocè mitjà.

### Estructura

La tectònica extensiva d'aquesta etapa, si bé ha estat generalitzada, no ha estat uniforme i ha presentat diferents característiques en diversos sectors de la Conca Catalano-balear. Així, poden distingir-se tres sectors que presenten una activitat tectònica extensiva amb una evolució i característiques estructurals diferents. Aquests sectors són: el domini catalano-valencià, el domini bètico-balear i la zona de fractura Nord-balear.

*Domini catalano-valencià.* A diferència de l'etapa oligoceno superior-miocena mitjana en la que s'enregistrava una important tectònica extensiva, durant aquesta etapa, si bé perduren les condicions extensives, es produeix una marcada atenuació de l'activitat tectònica. Aquesta atenuació queda reflectida per una disminució del desplaçament normal de les falles i per una concentració de l'activitat tectònica a les falles quilomètriques ENE-WSW a N-S que se situen en el marge nordoccidental i occidental de la Conca Catalano-balear (fig. 192).

*Domini bètico-balear.* A excepció de les Bètiques orientals on durant el Quaternari tenen lloc el desenvolupament d'estructures contractives (falles direccionals NE-SW i NW-SE, i plecs E-W), aquesta etapa es caracteritza pel col·lapsament extensiu de l'edifici d'encavalcaments bètico-balear. Aquest col·lapsament, que donà lloc a la formació d'un sistema de horsts i grabens orientats ENE-WSW, es realitzà a partir de la reactivació en moviment normal de tot el sistema d'encavalcaments generats durant l'Oligocè terminal-Miocè mitjà. D'acord amb aquesta reactivació dels encavalcaments, les falles normals desenvolupades durant aquest període són de geometria lística, s'inclinen preferentment cap al SE i s'arrelen en profunditat amb antics plans d'encavalcament. Des del punt de vista evolutiu, cal assenyalar que aquesta tectònica extensiva ha estat màxima en el Serraval·lià-Tortonià inferior, i que des de llavors ha anat atenuant-se, de tal forma que l'activitat tectònica ha quedat restringida progressivament a les falles de major magnitud que se situen a la part sudoriental del domini (falles d'Es Raiguer i Es Plà de Mallorca, falla d'Émile Baudot, etc).

*Zona de fractura Nord-balear.* Durant aquesta etapa, l'activitat tectònica d'aquesta zona de fractura ha estat força important, tal com queda reflectit per la formació de fosses NW-SE en el seu

extrem nordoccidental (l'Empordà i la Selva) com per les importants manifestacions magmàtiques que han tingut lloc al llarg de les diferents falles que integren aquesta zona de fractura. De caire extensiu, aquesta activitat tectònica és, si més no a les parts sudorientals, clarament postmiocena mitjana, ja que en aquestes àrees (Menorca), les falles normals NW-SE tallen les estructures contractives bètico-balears (Oligocè terminal-Miocè mitjà).

Així doncs, l'etapa miocena mitjana-quadernària es caracteritza estructuralment per una atenuació molt marcada de l'activitat extensiva del domini catalano-valencià, el col.lapsament extensiu de l'edifici bètico-balear i una reactivació en sentit normal del sistema de falles que configuren la zona de fractura Nord-balear.

L'extensió a nivell d'escorça superior que genera tot aquest conjunt d'estructures estensives és molt baixa. Així, en el tall de la fig. 193 s'ha avaluat un estirament superficial, perpendicular a les falles normals ENE-WSW a NE-SW que configuren l'estructura postmiocena mitjana de la conca, d'uns 8 km (3%). I en els Pirineus orientals, a partir del tall de la fig. 110, s'ha calculat que l'estirament generat per la zona de fractura Nord-balear és d'uns 3-4 km (5-6%).

Si assumim que el volum de l'escorça es manté constant i conservem aquests valors d'estirament en l'escorça inferior, resulta que l'estructuració mioceno mitjana-quadernària no ha produït variacions substancials en la morfologia de la Moho, així és, no ha generat un aprimament cortical apreciable. D'acord amb això, les anàlisis de subsidència realitzades a l'àrea (ROCA *et al.*, 1990b; WATTS *et al.*, 1990b; ROCA i DESEGAULX, en premsa) no denoten, a excepció del Promontori Balear, cap acceleració de la subsidència tectònica que pugui indicar una fase d'aprimament cortical. La subsidència observada, és de tipus tèrmic (post-rift) i està relacionada principalment amb l'aprimament cortical i les perturbacions tèrmiques generades durant l'etapa de rifting oligoceno terminal-miocena inferior (ROCA i DESEGAULX, en premsa).

En el Promontori Balear, l'evolució geodinàmica i els canvis del gruix i comportament litosfèric són molt més complexos. Durant aquesta etapa les dades de subsidència i de camp denoten que l'àrea, al mateix temps que s'ha anat aixecant, ha estat sotmesa a un procés d'aprimament litosfèric. En efecte, i respecte al primer punt, la presència a les illes de Mallorca i Menorca de sediments indeformats d'edat miocena terminals i pliocens situats, respectivament, a 200 i 150 m per sobre del nivell del mar (BOURROUILH i MAGNE, 1963; CUERDA *et al.*, 1969; POMAR, 1979; POMAR i CUERDA, 1979; SÀBAT, com. pers.), evidencien que, a partir del Serraval·lià, el Promontori Balear s'ha anat aixecant progressivament. La magnitud d'aquest aixecament, és difícil de valorar, ja que els sediments analitzats es troben en àrees de rift, i per tant sotmesos a moviments d'enfonsament de caire local. No obstant, si considerem que els sediments de la plataforma messiniana situats, actualment a uns 150 m per sobre del nivell del mar, es van dipositar durant períodes en els que el nivell del mar era molt més baix que l'actual (vegeu apartat II-5.2) podem afirmar que l'aixecament de les illes ha estat des de llavors d'un mínim de 150 m.

Sincrònicament amb aquest aixecament i d'acord amb l'estructuració extensiva del Promontori Balear, les anàlisis de subsidència mostren sobtades variacions laterals en la tasa de subsidència i,

localment, la presència de moviments subsidents amb valors relativament elevats. Les corbes de subsidència tectònica ( $St$ ) obtingudes en aquestes darreres àrees impliquen, utilitzant la fórmula empírica postulada per LE PICHON (1980)

$$St = 7.5 (1 - 1/\beta)$$

un aprimament cortical ( $\beta$ ) de fins a 1.2. Aquest factor, calculat segons un model de cisalla pura (McKENZIE, 1978), no és aplicable al Promontori Balear, ja que l'estructura extensiva d'aquest respon clarament a un model extensiu de cisalla simple, el qual es caracteritza precisament per una manca de correspondència, dins de la mateixa vertical, entre l'extensió superficial i l'aprimament cortical. Tanmateix el que sembla clar, és que l'estructuració extensiva miocena mitjana-quadernària ha generat com a mínim un aprimament de l'escorça superior.

### Estratigrafia

Fora del Promontori Balear on encara hi ha una forta activitat tectònica, les característiques sedimentològiques i estratigràfiques dels materials dipositats a la Conca Catalano-balear durant aquest interval estan condicionades principalment per l'atenuació de l'activitat tectònica extensiva i el caràcter més o menys uniforme de la taxa de subsidència (ROCA *et al.*, 1990b; ROCA i DESEGAULX, en premsa).

En efecte, a conseqüència de l'enfonsament generalitzat que sofreix l'àrea de la Conca Catalano-balear i, sobretot, de la desaparició a l'interior de la conca de moviments diferencials que la compartimentin (falles normals o contractives), a partir del Serraval·lià mitjà (domini catalano-valencià) i Tortonià inferior (domini bètico-balear), el rebliment de la conca tendeix progressivament a uniformitzar-se. Així, fossilitzant els diferents relleus generats durant les etapes d'estructuració extensiva i contractiva de l'Oligocè terminal-Miocè mitjà, el rebliment de la conca passa a realitzar-se majoritàriament a partir de la deposició d'extenses seqüències de plataforma terrígena que, des de la costa peninsular, van prograsant cap a l'E (grups de Castelló i de l'Ebre). Cal destacar que aquest procés de rebliment de la conca no ha estat continu, sinó que va quedar interromput durant el Messinià per una etapa erosiva generalitzada que, anomenada crisi messiniana, es va generar a conseqüència d'un seguit d'importants davallades del nivell del mar (HSÜ *et al.*, 1973; CITA, 1982).

Pel que fa referència al Promontori Balear, la sedimentació mioceno mitjana-quadernària ve controlada essencialment per la manca d'entrades de sediments terrígens i la presència d'una notable activitat tectònica extensiva sinsedimentària. Així, envoltat d'àrees més deprimides (Conca Nord-africana i solc de València) i majoritàriament constituït per àrees submergides, els dipòsits mioceno mitjana-quadernaris d'aquest sector són de plataforma carbonàtica i presenten notables variacions laterals de potència i fácies.

### Magmatisme

El caràcter extensiu de l'estructuració de la regió de la Conca Catalano-balear durant aquesta etapa, ve remarcada també, per la presència de nombroses manifestacions magmàtiques de tipus alcalí que denoten una etapa de rifting generalitzada. Aquestes manifestacions magmàtiques, si bé es troben

desenvolupades a tota la conca, se situen preferentment al llarg de les falles amb un major salt normal (fig. 192): zona de fractura Nord-balear i falla d'Émile Baudot.

### Síntesi i interpretació

De les dades exposades es dedueix que l'evolució geodinàmica de la regió de la Conca Catalano-balear en l'interval Miocè mitjà-Quaternari, ha estat dominada per processos extensius que, si bé no han produït un aprimament litosfèric apreciable, han generat l'extrusió de roques volcàniques alcalines i una estructuració extensiva de l'escorça superior. Aquestes dades mostren també, que en funció de la magnitud i característiques dels processos extensius, dins de l'àrea analitzada poden diferenciar-se dos sectors: a) el domini catalano-valencià, que es caracteritza per una marcada atenuació de l'activitat tectònica extensiva del sistema de falles que van generar la Conca Catalano-balear; i b) el domini bètico-balear, que, situat al SE de l'anterior, es caracteritza per la reactivació extensiva del sistema d'encavalcaments bètico-balear.

Aquesta diferenciació, reflectida a nivell estructural per la presència de dos sistemes de falles extensives aparentment desconectats (fig. 193), posa de manifest que l'evolució mioceno mitjana-quaternària de la regió de la Conca Catalano-balear és el resultat de la superposició de dos processos geodinàmics diferents: un d'associat a la subsidència tèrmica del solc de València i a l'activitat tectònica extensiva de les falles marginals del domini catalano-valencià, i l'altre lligat al col·lapsament de l'edifici bètico-balear.

Sembla clar que el primer d'aquest dos processos correspon a l'evolució postrift del l'etapa de rifting oligoceno superior-miocena inferior que va generar les conques Catalano-balear i Liguro-Provençal. En efecte, les corbes de subsidència obtingudes en el domini catalano-valencià (ROCA *et al.*, 1990b; WATTS *et al.*, 1990a; ROCA i DESEGAULX, en premsa), no només són similars amb les de la majoria de rifts en la seva etapa de relaxació tèrmica, sinó que a més a més són idèntiques a les obtingudes a la Conca Liguro-provençal (BESSIS, 1986; BESSIS i BURRUS, 1986). I pel que fa referència a la restricció de l'activitat tectònica extensiva a les falles més marginals del sistema, aquest és un fet habitual en els estadis postrift de les conques extensives (BADLEY *et al.*, 1988; WEISSEL i KARNER, 1989), on la subsidència diferencial entre la mateixa conca i les àrees que la limiten (espatlles de rift, en anglès "shoulders") genera el moviment de les falles que separen aquests dos sectors.

Per contra, el procés geodinàmic que genera el col·lapsament de l'edifici bètico-balear no està ni molt menys clarificat. Així, encara que tots els autors que han treballat a l'edifici bètico-balear concorden en acceptar que existeix un estret lligam entre l'obertura de la Conca Nord-africana o d'Alborán i el col·lapsament d'aquest l'edifici, fins a l'actualitat no hi ha acord sobre l'origen d'aquest procés geodinàmic. En efecte, mentre que per alguns autors ve generat pel simple col·lapse gravitatori de l'edifici contractiu (DEWEY, 1988; DOBLAS i OYARZUN, 1989; PLATT i VISSERS, 1989), per a d'altres, el col·lapsament i formació de les conques esmentades ve originat per: a) el desplaçament cap a l'W de les zones internes de l'edifici bètico-balear a partir de processos d'expulsió lateral de blocs cordicals (ANDRIEUX *et al.*, 1971; LEBLANC i OLIVER, 1984; BOCCALETTI *et al.*, 1987;



SANZ DE GALDEANO *et al.*, 1990a), b) per una migració cap al S i W de la subducció d'Àfrica sota Europa que crearia una conca marginal en les àrees prèviament engruixides pels encavalcaments (BOCCALETTI i GUAZZONE, 1974; ROCA *et al.*, 1990c; GARCÍA-DUEÑAS *et al.*, en premsa), o c) per moviments diapírics del mantell (WEIJERMARS, 1985; DOBLAS i OYARZUN, 1989).

## IV-2.2: OLIGOCÈ SUPERIOR-MIOCÈ MITJÀ

Correspon a l'etapa en la que es va formar la Conca Catalano-balear com a conseqüència del desenvolupament simultani de: a) un sistema de rift a les parts centrals i nordoccidentals de l'àrea estudiada, i b) un cinturó de plecs i encavalcaments a les parts sudorientals de l'àrea (figs. 194 i 195). Així doncs, l'evolució oligoceno superior-miocena mitjana de la regió de la Conca Catalano-balear es caracteritza per la coexistència en el temps, però no en l'espai, de processos de tipus compressiu i extensiu.

La distribució espacial dels sectors en els que predomina un o altre tipus de processos, no ha estat la mateixa al llarg de tota aquesta etapa. En efecte, a partir de la distribució de les manifestacions magmàtiques calcoalcalines i de les estructures tectòniques lligades a cada procés, es constata que el límit entre aquests dos sectors no va presentar una posició estàtica, sinó que va migrar, al llarg de l'Oligocè superior-Miocè mitjà, de SE a NW (figs. 194 i 195). Així, durant l'Oligocè terminal-Aquitanià basal se situava a la part SE del Promotori Balear i de les Bètiques orientals, en el Burdigalià superior es trobava a l'alçada del límit Promontori Balear-solc de València, i en el Languià terminal-Serraval·lià inferior ocupava una posició propera a l'eix del solc de València.

Aquest desplaçament cap al NW del límit compressió-extensió, implica que, durant l'Oligocè superior-Miocè mitjà: a) els processos compressius van involucrar amb el pas del temps, una extensió major de la regió de la Conca Catalano-balear, i conseqüentment, b) els processos extensius van quedar progressivament restringits a les zones més nordoccidental de la regió de la Conca Catalano-balear. D'acord amb aquesta expansió dels processos compressius, l'inici del desenvolupament dels processos compressius, en tot el conjunt de l'àrea que van afectar, no va ser isòcron, sinó que va ser progressivament més modern de SE a NW (oligocè superior al Promontori Balear i postburdigalià en el solc de València).

L'inici del desenvolupament dels processos extensius de rifting, tampoc va ser isòcron a tota l'àrea, sinó que, iniciat durant l'Oligocè superior als sectors NE de la conca, no van tenir lloc fins al Miocè basal en els sectors SW d'aquesta.

### Estructura

La diferent edat i evolució que presenten aquests dos darrers processos queda ben reflectida en l'evolució estructural de la Conca Catalano-balear durant l'interval de temps que va des de l'Oligocè superior fins al Miocè mitjà. En efecte, encara que desenvolupats sincrònicament al llarg de l'Oligocè superior-Miocè mitjà, les anàlisis estructurals realitzades mostren que dins de l'evolució oligoceno superior-miocena mitjana poden distingir-se dos períodes:

*Oligocè superior-Burdigalià superior.* Amb l'excepció del sector SE de les Bètiques orientals i Promontori Balear, durant aquest període, la major part de la regió de la Conca Catalano-balear va ser sotmesa a una situació extensiva WNW-ESE a E-W que va donar lloc al desenvolupament d'un sistema de falles normals desenganxades a uns 10-13 km de profunditat. El moviment normal

d'aquestes falles va generar la Conca Catalano-balear com a conseqüència de: a) la formació d'un sistema de horsts i grabens orientats ENE-WSW a N-S al llarg de les Cadenes Costaneres Catalanes i de la part SE de la Serralada Ibèrica, i b) a l'enfonsament de les àrees que, ocupades per les antigues cubetes mesozoiques del solc de València, havien estat aixecades durant el Paleogen. D'acord amb aquesta inversió de relleu, les ànàlisis estratigràfiques i estructurals mostren que, si més no, a les parts septentrionals, les principals falles normals actives durant aquest període coincideixen amb les principals falles que limitaven les cubetes mesozoiques del solc de València.

Dins d'aquest mateix període de temps, al sudest del Promontori Balear (figs. 195), s'haurien emplaçat els primers encavalcaments bètico-balears, que, amb clara vergència cap al NW, presentarien associats en les seves parts frontals plecs de la mateixa orientació. Aquest sistema d'encavalcaments, al llarg d'aquest període, aniria propagant-se cap al NW, de manera que es reduiria progressivament l'àrea ocupada per la Conca Catalano-balear.

*Burdigalià superior-Serraval·lià.* Gradualment, durant el Burdigalià, aquesta situació tectònica va passar a ser substituïda per una nova situació caracteritzada per: a) una disminució de l'activitat extensiva relacionada amb el procés de rifting que va generar la Conca Catalano-balear, i b) el creixement de l'edifici compressiu bètico-balear a partir del progressiu apilament de làmines d'encavalcament.

L'atenuació de l'activitat extensiva durant aquest període, queda constatada pel fet que, des del Burdigalià inferior, van començar a deixar de funcionar, de forma progressiva, la major part de les falles normals de salt hectomètric a decamètric generades durant el període anterior. Així, a partir del Languià, les úniques falles que van restar actives van ser les falles quilomètriques que configuren el marge nordoccidental de la Conca Catalano-balear (figs. 194 i 196).

Durant aquest mateix període, van continuar emplaçant-se làmines d'encavalcament bètico-balears, que, disposades en una seqüència de propagació a coll-i-bé, van anar involucrant materials situats en posicions cada vegada més nordoccidentals. Així, al llarg d'aquest període van anar quedant involucrades en l'edifici bètico-balear àrees que havien estat afectades prèviament pels processos extensius que havien generat la Conca Catalano-balear (SE del solc de València i sectors NW del Promontori Balear i de les Bètiques orientals). Aquesta propagació cap al NW del sistema d'encavalcaments bètico-balear va perdurar fins al trànsit Languià-Serraval·lià, moment en el qual va finalitzar l'estructuració contractiva de l'edifici bètico-balear. L'apilament d'aquest conjunt de làmines d'encavalcament es va realitzar en dos sistemes que, separats pel nivell de desenganxament del Keuper, presenten característiques diferents: a) un sistema inferior constituït per roques del sòcol hercinià i del Triàsic inferior-mitjà estructurades en un conjunt de "horses" imbricats principalment cap al NW, i b) un sistema superior format per roques d'edat post-triàsica superior que s'estructuren en làmines d'encavalcament imbricades també essencialment cap al NW.

En conjunt, de les dades estructurals recopilades en aquesta memòria, es dedueix que:

a) A diferència de l'etapa miocena mitjana-quadernària en la que l'activitat tectònica es troba desenvolupada principalment en determinats sectors de la conca, l'evolució oligoceno superior-miocena mitjana de la regió de la Conca Catalano-balear es caracteritza per una intensa i generalitzada activitat tectònica que reflecteix la formació d'un sistema de rift a les parts nordorientals de la conca (domini catalano-valencià) i d'un cinturó de plects i encavalcaments a les parts sudorientals d'aquesta (domini bètico-balear).

b) Encara que hi hagi una simultaneïtat en el desenvolupament dels dos processos, les seves etapes de màxim desenvolupament no coincideixen. Mentre l'etapa de màxim desenvolupament de la tectònica extensiva va tenir lloc en l'Oligocè superior-Burdigalià inferior, l'estructuració contractiva de l'edifici compressiu bètico-balear es va produir, en canvi, majoritàriament durant el Burdigalià superior-Serravalià inferior.

La valoració de l'aprimament i engruiximent generats, respectivament, per l'etapa de rifting oligoceno superior-burdigalià inferior i l'edificació del sistema d'encavalcaments bètico-balear és força difícil; ja que, generalment, només es disposa d'un fragment de tot el sistema de falles generades per cada procés referit, i, en el cas de l'edifici bètico-balear, es desconeix la geometria del sistema en profunditat. Tanmateix, a partir de les dades disponibles s'han pogut determinar uns valors mínims per cadascun d'aquest dos processos.

Així, a partir de la restitució geomètrica a l'estadi indeformat de les estructures oligoceno terminals-miocenes mitjanes atravessades en els talls cortical de les figs. 128 i 129, s'ha calculat un estirament superficial, perpendicular a les falles normals ENE-WSW a NE-SW que configuren l'estructura extensiva de la conca, d'uns 36 km (ROCA i GUIMERÀ, en premsa). Aquest estirament, equivalent a un coeficient d'estirament de 1.2-1.3, conjuntament amb l'estimat segons una direcció perpendicular NE-SW (1.05-1.15), implica un aprimament de l'escorça superior ( $\beta$ ) de 1.4-1.5 (o el que és el mateix d'un 30-35%).

Si considerem que el volum de l'escorça es manté constant i que els valors d'aprimament de l'escorça superior i inferior són els mateixos, aquest valor implica que, prèviament a l'extensió oligoceno superior-burdigalià, el gruix cortical en el centre del solc de València era d'uns 13-18 km. Aquest gruix cortical, força inferior al que habitualment presenta la microplaca ibèrica (32-34 km; ROURE *et al.*, 1989) indica que l'escorça ja es trobava parcialment aprimada amb anterioritat al rifting oligoceno superior-burdigalià. No obstant, cal assenyalar que aquest valor d'aprimament cortical calculat a partir de les estructures superficials, no concorda amb el deduït a partir de l'anàlisi de subsidència de diferents perfils i pous del solc de València (ROCA i DESEGAULX, en premsa; ROCA i GUIMERÀ en premsa). Les subsidències tectòniques interpretades apunten a què l'aprimament generat pel rifting oligoceno superior-burdigalià seria molt més gran ( $\beta=1.4-4.5$ ), de tal manera que, anteriorment a aquest procés, el gruix de l'escorça del solc de València seria el mateix que en la resta de la microplaca ibèrica.

L'engruiximent i escurçament generats per l'edificació del sistema d'encavalcaments bètico-balear, tal com hem indicat, encara són molt més difícils d'avaluar, donat el desconeixement que es té de la geometria del sistema d'encavalcaments en profunditat i, per tant, del desplaçament i nombre de làmines apilades. Tanmateix, a partir de les estructures superficials que involucren materials de la cobertura post-triàsica superior, es pot deduir que l'escurçament generat per la compressió bètico-balear va ésser de com a mínim d'uns 105 km (60%). Aquest valor, és amb tota seguretat molt inferior al real, ja que el nombre de làmines de la cobertura meso-cenozoica que estan involucrades en l'edifici és molt més superior al que es pugui deduir a partir de les dades de superfície (vegeu estructura interna de Mallorca). Respecte a l'engruiximent generat pels encavalcaments, aquest únicament s'ha pogut valorar en la cobertura, on a partir de les dades de subsòl s'ha constatat un engruiximent mínim de 4 km a l'illa de Mallorca. L'engruiximent del sòcol no s'ha pogut avaluar donat el gran desconeixement que es té de l'estructura contractiva del sòcol. D'acord amb aquesta incertesa i encara que les poques dades disponibles mostren que el sòcol hercinià es troba estructurat en un complex sistema de làmines imbricades (vegeu Menorca), i per tant engruixit amb tota seguretat, en el tall de la fig. 197 s'ha conservat el gruix de l'escorça.

### **Estratigrafia**

Disposades discordantment sobre la cobertura mesozoico-paleògena i configurant la base del rebliment de la Conca Catalano-balear, les successions dipositades durant aquesta etapa són, per tant, coetànies amb: a) el desenvolupament d'un edifici d'encavalcaments a les parts sudorientals de la regió que, al mateix temps que s'engruixia, anava propagant-se cap al NW i b) la formació d'un sistema extensiu que, acompanyat d'un considerable aprimament de l'escorça, va anar atenuant la seva activitat tectònica a partir del Burdigalià inferior.

D'acord amb aquest sincronisme, les característiques estratigràfiques i sedimentològiques dels materials dipositats a la Conca Catalano-balear durant aquesta etapa, van ser fortament condicionats per l'evolució estructural en el temps i en l'espai d'aquest dos processos. Així, a l'igual que en l'estructura, dins de les successions oligoceno superior-miocenes mitjanes, poden diferenciar-se dos períodes:

*Oligocè superior-Burdigalià inferior.* Enregistrant la intensa fracturació extensiva que va generar la Conca Catalano-balear, les successions dipositades durant aquest període són constituïdes principalment per materials detrítics grollers (conglomerats i gresos) sedimentats majoritàriament en fosses de petites dimensions i, localment (Promontori Balear), en extenses plataformes afectades per estructures contractives. Aquestes successions, de marcat caràcter sintectònic, enregistren una transgressió marina provinent de l'est, que causada, en gran part, per la progressiva obertura de les conques Liguro-provençal i Catalano-balear. Així, mentre a les fosses més occidentals, la sedimentació va tenir lloc en ambients continentals de fàcies al·luvial i localment lacustre, a la resta de la conca, les successions oligoceno terminal-burdigalianes inferiors són formades per sediments d'ambients fonamentalment marins de fàcies litoral i de plataforma mixta terrígeno-carbonàtica.

*Burdigalià superior - Serraval·lià inferior.* A partir del Burdigalià inferior, el progressiu apilament de làmines d'encavalcament a l'extrem SE de la conca, i la subsidència tèrmica generada pel rifting oligoceno superior-burdigalià inferior, van donar lloc a una important transgressió marina i a una profundització de la conca cap a l'E i SE. Com a conseqüència, mentre a les fosses més occidentals de la conca la sedimentació va continuar essent terrígena de fàcies al·luvials i lacustres, a la plataforma continental de la Península Ibèrica, aquesta va ser substituïda per la deposició de sediments terrígenocarbonàtics de plataforma i rampa carbonàtica marina oberta al SE i, més al sud, a les àrees centrals del solc de València i en el domini bètico-balear, va passar a ser formada per turbidites i margues dipositades en medis marins profunds.

De caràcter expansiu en el marge ibèric, on fossilitzen falles normals, i deformades sinsedimentàriament pels encavalcaments bètico-balears, les successions d'aquesta edat enregistren: a) una progressiva atenuació de l'activitat tectònica extensiva generada pel rifting oligoceno superior-burdigalià, i b) el desenvolupament d'una conca d'avantpaís enfront de l'edifici contractiu bètico-balear, que al llarg del Burdigalià i Languià hauria estat progressivament deformada i encavalcada.

D'acord amb aquest comportament de la Conca Catalano-balear com a conca d'avantpaís de l'edifici bètico-balear, les anàlisis de subsidència realitzades a l'àrea per ROCA i DESEGAULX (en premsa) mostren que la subsidència tectònica oligoceno superior-miocena mitjà s'incrementa gradualment cap al SE, arribant a ser màxima arran del Promontori Balear.

### **Magmatisme**

A diferència de l'etapa mioceno mitjana-quademària en la que el vulcanisme era de caràcter alcalí, l'etapa oligoceno superior-miocena mitjana es caracteritza pel desenvolupament d'un vulcanisme de caràcter calcoalcalí que denota un marc regional compressiu. Les manifestacions lligades a aquest vulcanisme es distribueixen principalment al llarg de les àrees centrals i orientals de la Conca Catalano-balear i, en general, presenten una edat progressivament més moderna de SE a NW. Així, mentre la majoria de manifestacions volcàniques calcoalcalines del Promontori Balear són aquitano-burdigalians, les desenvolupades al llarg de l'eix del solc de València són languano-serraval·lianes.

### **Síntesi general**

A partir de totes aquestes dades estructurals, estratigràfiques i magmàtiques, es dedueix que l'evolució geodinàmica de l'àrea estudiada en l'interval de temps que va des de l'Oligocè superior fins al Miocè mitjà, va caracteritzar-se per: a) la formació de la Conca Catalano-balear a partir d'una situació extensiva que va generar un considerable aprimament cortical i el desenvolupament d'un sistema de falles normals en les àrees que actualment configuren el domini catalano-valencià; i b) l'edificació d'un sistema d'encavalcaments que, iniciat a les parts més sudorientals de la conca, va anar involucrant de forma progressiva materials situats en posicions més nordoccidentals. Aquests dos processos, si bé van desenvolupar-se sincrònicament, van mostrar una diferent evolució al llarg d'aquesta etapa, de tal forma que, dins de l'evolució oligoceno superior-miocena mitjana, s'ha distingit:

Un primer període *oligoceno superior-burdigalià inferior* en el que, a excepció de l'extrem sudoriental del Promontori Balear on van emplaçar-se els primers encavalcaments bètico-balears, l'àrea analitzada va ser sotmesa a una intensa activitat extensiva que va donar lloc a la formació de la Conca Catalano-balear (figs. 195 i 197).

I un segon període *burdigalià superior-serraval·lià inferior*, en el que, al mateix temps que l'activitat tectònica extensiva s'atenuava considerablement, el tascó orogènic bètico-balear va continuar creixent i desplaçant-se cap a l'WNW (figs. 194 i 196).

Durant aquest darrer període, el progressiu engruiximent de l'edifici bètico-balear donaria lloc a una progressiva flexió del substrat de la Conca Catalano-balear cap al SE, de manera que aquesta conca passaria a comportar-se com a conca d'avantpaís de l'edifici contractiu bètico-balear. Així, la Conca Catalano-balear seria una conca de rift que hauria evolucionat al llarg del Miocè inferior-mitjà a conca d'avantpaís de l'edifici contractiu bètico-balear.

### Interpretació geodinàmica

Per tal d'entendre el procés geodinàmic global que va generar aquesta complexa evolució geodinàmica de la regió de la Conca Catalano-balear durant l'Oligocè superior-Miocè mitjà, cal tenir en compte l'evolució geodinàmica de les àrees adjacents.

Així, si restituïm les diferents unitats geoestructurals de la Mediterrània occidental a la seva posició durant l'Oligocè terminal-Aquitanià (fig. 79), es constata que l'evolució geodinàmica de la Mediterrània occidental, durant aquest període, va caracteritzar-se per: a) el desenvolupament d'un sistema de rift NE-SW, que, disposat paral·lelament al límit convergent entre les plaques ibero-euroasiàtica i africana, separava unes àrees nordoccidentals poc deformades d'unes àrees sudoccidentals intensament deformades tant per estructures contractives (Cabllies i SE del Promontori Balear) com extensives (Bloc Corso-sard); i b) l'emissió de nombroses manifestacions volcàniques calcoalcalines que, amb unes característiques força similars a les que presenten les desenvolupades en àrees afectades per zones de subducció (BELLON *et al.*, 1977; COULON, 1977; BECCALUVA *et al.*, 1985; SAVELLI, 1988), van tenir lloc preferentment al llarg de les parts més sudorientals del sistema de rift. Aquest sistema de rift, que comprèn les conques Catalano-balear i Liguro-provençal, es prolongaria al SE per la part més externa de les Bètiques orientals, on les característiques de la litosfera (PEPER i CLOETINGH, en premsa) denoten que, durant aquesta etapa, van estar sotmeses a una fase de rifting.

Aquestes característiques apunten a què l'evolució geodinàmica de la Mediterrània occidental durant aquest període va venir regida per la subducció d'Àfrica sota el conjunt Ibèria-Euràsia (fig. 198), de tal manera que conques extensives Catalano-balear i Liguro-provençal correspondrien a conques de rera-arc de tipus mediterrani (segons la definició de HORVARTH *et al.*, 1981), i el conjunt format pel Bloc Corso-sard, les Cabllies i el Promontori Balear a l'arc extern que separaria les conques de rera-arc de la placa africana. En concordança amb aquest model, estarien les dades de tomografia obtingudes per SPAKMAN (1986, 1990), les quals mostren que la convergència cenozoica a nivell de plaques es va

solucionar, a la Mediterrània occidental, mitjançant la subducció de la placa africana sota l'ibero-euroasiàtica.

Dins d'aquest model, un dels problemes plantejats, és el paper que hi jugen les unitats corticals que configuren el denominat domini d'Alborán. En efecte, situades entre Àfrica i Ibèria i desplaçades més de 250 km cap a l'W (BALANYÁ, 1991), es desconeix si aquestes àrees formaven part d'una placa o altre, o bé constituïen per si soles un domini cortical individualitzat. En aquest sentit, i en l'àmbit de la regió de la Conca Catalano-balear, no se sap si la placa que subduïa al SE del Promontori Balear era la placa africana propiament dita o bé elements corticals del domini d'Alborán.

Segons aquestes dades regionals i aplicant el model exposat (fig. 198), l'evolució oligoceno superior-miocena mitjana de la regió de la Conca Catalano-balear vindria regida, per tant, per la subducció cap al NW d'Àfrica (?) sota Ibèria, la qual, situada al SE del Promontori Balear, generaria: a) la formació d'una conca de rera-arc (Conca Catalano-balear) i d'un sistema d'encavalcaments en la zona adjacent a la zona de subducció (edifici bètico-balear), i b) roques volcàniques de caràcter calcoalcalí que extruirien a prop de la zona de subducció.

Aquesta subducció, que al llarg del Miocè inferior-mitjà produiria un desplaçament continuat del vulcanisme calcoalcalí cap al NW i el creixement de l'edifici contractiu bètico-balear, finalitzaria en el Languià superior-Serraval·lià inferior amb la col·lisió entre les plaques ibèrica i la que subduïa (Àfrica o Alborán ?), moment en el qual, s'estructuraria de forma contractiva gran part de la regió de la Conca Catalano-balear.

Respecte al sentit de desplaçament de la placa que subduïa sota de l'ibèrica, cal assenyalar que la presència a l'interior de l'edifici bètico-balear de falles direccionals dextres orientades paral·lelament al límit entre les dues plaques, suggereix que el desplaçament de la placa que subduïa no va ser completament perpendicular al límit de plaques sinó que va presentar un important component direccional dextre.



### IV-2.3: PALEOGEN

L'evolució geodinàmica de la regió de la Conca Catalano-balear durant el Paleogen va estar marcada per l'establiment d'una situació compressiva generalitzada que va donar lloc a la inversió de la topografia mesozoica. Durant aquesta etapa, les cubetes mesozoiques van esdevenir àrees emergides sotmeses a processos erosius, i les àrees emergides mesozoiques, àrees deprimides on van predominar els processos deposicionals.

El desenvolupament d'aquesta etapa compressiva, a l'igual que les etapes anteriorment descrites, no va ser isòcron a tota l'àrea, sinó que també va ésser progressivament més moderna cap al SW de la regió de la Conca Catalano-balear. En efecte, les dades recopilades mostren que mentre a les àrees nordorientals (Pirineus orientals, Cadenes Costaneres Catalanes i NE del solc de València) l'estructuració compressiva associada a aquesta etapa paleògena va tenir lloc entre el trànsit Cretaci-Paleocè i l'Oligocè mitjà, a les àrees sudoccidentals (SE de la Serralada Ibèrica), aquesta no va iniciar-se, d'una forma clara, fins a l'Eocè mitjà i no va finalitzar fins al trànsit Oligocè-Miocè inferior.

#### Estructura

Amb la incògnita dels Pirineus més orientals on es desconeixen les característiques de l'estructuració mesozoica, l'anàlisi estructural realitzada mostra que aquesta inversió del relleu va dur-se a terme principalment a partir de la reactivació en sentit contractiu de les falles que configuraven els marges de les antigues cubetes extensives mesozoiques (figs. 199-202).

Les cubetes mesozoiques van estructurar-se en: a) una zona central deformada únicament per plecs de gran radi i falles de salt decamètric a hectomètric (solc de València i parts central de la Serralada Ibèrica), i b) unes àrees marginals on es va concentrar gran part de la deformació i van tenir lloc els aixecaments més importants (NW de Mallorca, Cadenes Costaneres Catalanes, límit septentrional de la Zona d'Enllaç i marges de la Serralada Ibèrica).

Les característiques geomètriques i cinemàtiques de les estructures desenvolupades en aquestes àrees marginals, on es concentraven prèviament les principals falles mesozoiques, va venir condicionada per la relació angular que hi havia entre l'orientació aquestes falles mesozoiques i la direcció de compressió regional N-S. Així, quan les falles s'orientaven perpendicularment a aquesta direcció de compressió, es van desenvolupar sistemes d'encavalcaments E-W, i quan la seva orientació era més o menys obliqua es van generar sistemes transpressius formats per falles direccionals i/o encavalcaments amb un important component direccional (ANADÓN *et al.*, 1989d).

Segons aquest model deformatiu, durant el Paleogen, es van edificar la Serralada Ibèrica, el que hem denominat Sistema Català (Cadenes Costaneres Catalanes i solc de València) i la Zona d'Enllaç. Aquests tres edificis van generar-se a partir de la inversió dels tres principals sistemes de cubetes que, diferentment orientades, s'havien desenvolupat durant el Mesozoic a l'àrea estudiada. Concretament, cadascun d'ells s'hauria edificat a partir de: a) la inversió tectònica en sentit transcompressiu dextre de les falles NW-SE que limitaven les cubetes mesozoiques que amb la mateixa orientació, se situaven

entre els massissos hespèric i de l'Ebre (Serralada Ibèrica); b) l'estructuració en plecs i encavalcaments de les falles E-W que limitaven septentrionalment la cubeta del Maestrat (Zona d'Enllaç); i c) la reactivació en moviment transcompressiu sinistre de les falles ENE-WSW a NNE-SSW que limitaven al NE -Cadenes Costaneres Catalanes- i SW -NW de Mallorca- el conjunt de cubetes que ocupaven l'actual solc de València (Sistema Català).

Tots aquests sistemes d'estructures contractives, encara que inclouen nivells de desenganxament situats en l'interior de la cobertura mesozoica i en el sostre del sòcol hercinià, presentarien el seu nivell de desenganxament basal a una profunditat d'uns 10-12 km.

L'escurçament i engruiximent cortical generat per aquesta estructuració contractiva paleògena són de difícil avaluació a causa de la intensa deformació postpaleògena que han sofert la major part dels sectors analitzats en aquest treball. Aquesta deformació impedeix reconèixer l'estructura paleògena del domini bètico-balear i les característiques en profunditat de la que afecta el domini catalano-valencià. Per intentar solucionar aquests problemes, s'ha intentat interpolar a l'àrea estudiada els resultats obtinguts en àrees que, pertanyents als mateixos edificis analitzats, no hagin estat deformades significativament amb posterioritat al Paleogen.

Així, pel que fa referència als Pirineus orientals s'han interpolat els resultats obtinguts en el perfil ECORS-Pirineus que es troba situat a la part oriental dels Pirineus centrals. En aquest perfil s'ha estimat que les estructures contractives pirenaïques van generar un escurçament N-S d'uns 147 km (MUÑOZ, en premsa), i un engruiximent cortical que pot arribar a ser d'un 185 % (TORNÉ *et al.*, 1989).

A la resta d'unitats contractives paleògenes de l'àrea estudiada, l'avaluació d'aquest dos valors s'ha fet a partir de les dades estructurals disponibles i de l'aplicació de les observacions que, sobre l'estructura profunda paleògena, s'han obtingut a les parts centrals i nordoccidentals de la Serralada Ibèrica. En aquestes àrees, a partir de les dades geofísiques disponibles i de la realització de talls compensats, s'ha constatat que davant un escurçament superficial d'uns 35-40 km (GUIMERÀ i ÀLVARO, 1990; ROCA *et al.*, 1990a), l'escorça no presenta cap engruiximent apreciable (ZEYEN *et al.*, 1985). Aquest fet, suggereix, tal com proposen VIALARD (1988) i GUIMERÀ i ÀLVARO (1990), la presència d'un extens desenganxament intracortical que separaria una escorça superior deformada d'una inferior indeformada i que, per sota de la conca de l'Ebre, s'arrelaria en el sistema contractiu pirinenc.

Considerant que l'estructura del Sistema Català és similar al de la Serralada Ibèrica, és congruent pensar que també en aquest sistema l'escorça no va engruixir-se durant el Paleogen, i per tant que es va mantenir-se amb un gruix d'uns 15-18 km (figs. 201 i 202). Si no fos aplicable aquest model al Sistema Català, les estructures paleògenes reconegudes en superfície (Cadenes Costaneres Catalanes) tampoc indicarien un engruiximent apreciable, ja que l'escurçament calculat a partir d'aquestes és de només uns 5 km en direcció NW-SE i inferior als 10 km en direcció NE-SW. Valors que, no sembla que puguin incrementar-se molt més, si es tinguessin en compte les estructures contractives paleògenes submergides del marge català del solc de València i les generades al NW de Mallorca.

## Estratigrafia

La inversió de la topografia mesozoica produïda per aquesta estructuració paleògena queda reflectida, tal com ja s'ha esmentat, per: a) l'emersió i erosió dels materials mesozoics que reblen les antigues cubetes mesozoiques i, b) la deposició de potents successions detrítiques a les àrees que durant el Mesozoic estaven emergides o havien tingut una subsidència molt baixa. D'acord amb aquest nou dispositiu paleogeogràfic, a la regió de la Conca Catalano-balear, i amb l'excepció de les zones més sudorientals (SE del Promontori Balear i de les Bètiques orientals) on no va haver-hi cap canvi paleogeogràfic important respecte al Mesozoic, la zona ocupada pel que s'havia denominat massís mesozoic de l'Ebre va esdevenir una gran conca sedimentària (conca de l'Ebre) on van dipositar-se la major part dels materials erosionats a la resta de l'àrea estudiada (Serralada Ibèrica, Pirineus i Sistema Català).

Generada per la flexió cortical que va induir l'estructuració contractiva dels Pirineus durant el Paleogen (ZOETEMEIJER *et al.*, 1990), aquesta conca d'avantpàs va ser reblerta durant el període comprés entre el Paleocè i el Miocè inferior-mitjà per entre 1000 (àrees centrals) i 3000-5000 m (àrees septentrionals) de sediments majoritàriament terrígens. Aquests sediments, dipositats en una gran varietat d'ambients deposicionals (des de marins profunds fins a continentals), mostren, a partir de les nombroses deformacions sinsedimentàries que presenten, que la deformació contractiva paleògena va migrar des dels Pirineus (Cretaci superior-Oligocè mitjà) cap als marges meridionals de la conca, on aquesta no va començar fins a l'Eocè mitjà-superior.

Pel que fa referència a les parts més sudorientals de la regió de la Conca Catalano-balear (SE de les Bètiques orientals i del Promontori Balear), durant aquesta etapa, van mantenir-se els principals trets paleogeogràfics i estratigràfics mesozoics. En efecte, poc deformades durant el Paleogen, en aquestes àrees la sedimentació va continuar desenvolupant-se en un context de marge passiu obert cap al S i SE. En aquest marge, durant el Paleogen, s'hi dipositarien principalment dipòsits litorals o de plataforma marina oberta al SE que, en determinats períodes (Oligocè mitjà), serien recoberts per materials detrítics continentals provinents del N i NW. Aquests materials continentals, enregistrarien petites fases de deformació contractiva en les àrees situades immediatament al nordoest d'aquest sectors (NW de Mallorca, SE de la Serralada Ibèrica i, potser, NW de les Bètiques orientals).

## Síntesi i interpretació

A partir de les dades exposades i del coneixement que es té de l'estructura paleògena de la resta de la part oriental d'Ibèria, es dedueix que l'evolució geodinàmica paleògena de la regió de la Conca Catalano-balear va estar dominada per una situació compressiva regional N-S que va generar la inversió del relleu mesozoic a partir de: a) l'edificació dels Pirineus en un apilament antiformal de làmines d'encavalcament, i b) l'estructuració dels marges de les antigues cubetes mesozoiques de l'interior d'Ibèria en sistemes d'encavalcaments i falles direccionals desenganxats a nivells intracorticals.

A més, les dades recopilades mostren que les diferents etapes evolutives de la deformació paleògena van anar migrant de N a S. Així, mentre la deformació contractiva paleògena es va

desenvolupar en els Pirineus orientals entre el Cretaci superior i l'Oligocè mitjà, a les Cadenes Costaners Catalanes es produïa entre l'Eocè inferior-mitjà i l'Oligocè mitjà-superior, i finalment, al SE de la Serralada Ibèrica i Bètiques orientals entre l'Eocè terminal i Miocè basal (figs. 199 i 200).

Aquesta evolució i estructuració de la regió de la Conca Catalano-balear, se situen en un marc regional caracteritzat pel moviment convergent N-S entre el conjunt Ibèria-Àfrica i Euràsia, que, iniciat en el Cretaci superior, va finalitzar amb la col·lisió entre aquestes dues plaques entre l'Oligocè mitjà i el Miocè inferior. Aquesta convergència hauria generat, per tant, l'edificació del Pirineus a partir de la subducció d'Ibèria sota Euràsia, i el desenvolupament de la resta de sistemes contractius paleogens de la meitat septentrional d'Ibèria.

En aquest marc, i tenint en compte que la col·lisió entre ambdues plaques es va dur a terme al llarg de l'edifici dels Pirineus, les dades presentades apunten a què la deformació paleògena de la part septentrional de la placa ibèrica es va realitzar a partir d'un desenganxament intracortical situat a uns 10-12 km de profunditat, que des dels Pirineus va anar propagant-se cap al S. En efecte la discrepància entre l'escurçament que presenten superficialment els diferents sistemes contractius i el quasi nul engruiximent cortical que aquests presenten, denota la presència d'una discontinuïtat intracortical que separaria una escorça superior deformada per falles, d'una inferior aparentment indeformada. Aquest encavalcament, amb gran probabilitat, coincidiria amb el nivell de desenganxament basal de les estructures extensives mesozoïques, tal com ho denota el fet que la majoria d'estructures paleògenes són antigues estructures mesozoïques

## IV-2.4: MESOZOIC

Correspon a l'etapa més antiga analitzada en aquest treball i es caracteritza pel desenvolupament de processos extensius resultants de la progressiva ruptura de la Pangea i obertura dels espais oceànics de l'Atlàntic i del Tetis (SOPENA *et al.*, 1988). Dins d'aquesta situació extensiva, que es va iniciar en el trànsit Permian-Triàsic i va perdurar fins el Cretaci superior, s'hi poden diferenciar: a) unes etapes de rifting entre les que destaquen les desenvolupades durant el Triàsic inferior, el Lias inferior i en el trànsit Juràssic mitjà-Cretaci inferior, i b) unes etapes dominades per una subsidència generalitzada de tipus tèrmic que resulta del refredament de l'escorça prèviament aprimada (subsidència postrift).

### Estructura

L'evolució estructural de cadascuna d'aquestes etapes és mal coneguda per les intenses deformacions cenozoiques que ha sofert la regió de la Conca Catalano-balear, les quals han donat lloc a la deformació o inversió de la major part de les estructures generades durant el Mesozoic. Així, l'única informació que es té sobre l'estructura i evolució estructural de la regió de la Conca Catalano-balear prové de l'anàlisi estratigràfica i d'unes poques dades estructurals recopilades en petits sectors aïllats de l'àrea estudiada (Desert de les Palmes per exemple).

Aquestes dades mostren que la deformació mesozoica va ser de tipus extensiu, amb generació d'un conjunt de llindars i cubetes molt subsidents que, limitades per falles normals, es van disposar formant tres grans sistemes diferentment orientats (fig. 203). Així, al voltant de l'àrea actualment ocupada per la conca terciària de l'Ebre, va generar-se: a) un sistema E-W que transcorria pels Pirineus i que constituïa la prolongació oriental del sistema de fosses i horsts del Golf de Biscaia, b) un sistema NW-SE que, coincidint amb la situació actual de la Serralada Ibèrica, separava el domini de l'Ebre del Massís Hespèric en sentit estricte, i c) un tercer sistema NE-SW a ENE-WSW que, situat al llarg del solc de València i de l'edifici bètico-balear, configurava el marge nordoest de l'extrem occidental del Tetis.

Coincidint, per tant, amb les àrees deformades contractivament durant el Cenozoic, les dades disponibles apunten a què la major part de les principals falles cenozoiques es van generar com a resultat de la inversió tectònica de les falles normals mesozoiques que limitaven aquests sistemes de horsts i fosses. La geometria de les falles mesozoiques seria lística amb un nivell de desenganxament basal intracortical situat a una profunditat d'uns 1.5-2 km en el cas de les falles del Desert de les Palmes i d'uns 10-15 km en les principals falles de les Cadenes Costaneres Catalanes.

A causa del desconeixement de l'estructura mesozoica en gran part de l'àrea estudiada, no s'ha pogut avaluar l'aprimament i estirament que van generar els processos extensius mesozoics. No obstant, a partir de les dades puntuals disponibles, es dedueix que l'aprimament i estirament mesozoic va ser gairebé tan o més grans com els produït per l'extensió oligoceno terminal-miocena mitjana.

Així, en el tall restituint de la fig. 204 es constata que el gruix de l'escorça al final del Mesozoic era d'uns 20-22 km. Si considerem que l'escorça, prèviament al Mesozoic, tenia el mateix gruix que a

l'àrea indeformada de la conca de l'Ebre (33 km; ROURE *et al.*, 1989), aquest valor implica un aprimament mesozoic ( $\beta$ ) de 1.6-1.7, valor que és lleugerament superior al calculat per l'extensió neògena a la mateixa àrea (1.4-1.5; ROCA i GUIMERÀ, en premsa).

En el mateix sentit, les anàlisis de subsidència realitzades a la cubeta del Maestrat (SALAS, 1987) mostren, aplicant un model d'extensió per cisalla pura, un factor d'aprimament mesozoic de 1.52 (65%), valor que no difereix gaire del deduït aplicant el mateix mètode en la conca neògena Catalano-balear (1.58; ROCA i GUIMERÀ, en premsa); i pel que fa referència a l'estirament, en el Desert de les Palmes, s'ha avaluat, a partir de les falles normals mesozoiques preservades i aplicant el mètode de FAURE i CHERMETTE (1989), un factor d'estirament superficial de 1.39, el qual, també és comparable amb el calculat pel conjunt de les estructures neògenes (1.46; ROCA i GUIMERÀ, en premsa).

### Estratigrafia

D'acord amb aquest context estructural, dins de l'àrea propiament estudiada, la sedimentació mesozoica va desenvolupar-se principalment al llarg del sistema de cubetes extensives NE-SW a ENE-WSW que, limitades a l'W i NW pel domini poc subsident de l'Ebre, configuraven el marge nordoccidental de l'extrem oest del Tetis. En aquestes cubetes, les característiques de les successions de reblliment mesozoiques, que es van disposar discordantment sobre el sòcol hercinià, van venir controlades per les variacions en l'activitat tectònica extensiva sinsedimentària i per la seva situació en un sector marginal del Tetis.

Així, dins del Mesozoic i pel que fa referència a l'activitat tectònica sinsedimentària, es poden distingir dos tipus d'etapes que queden diferentment reflectides en el registre sedimentari: a) etapes de forta activitat tectònica o rifting (Triàsic inferior, el Lias inferior, Carixià i en el trànsit Juràssic mitjà-Cretaci inferior), caracteritzades pel desenvolupament de discordances angulars i per marcades i brusques variacions laterals de les potències i fàcies deposicionals; i b) etapes amb poca activitat tectònica i dominades per una subsidència generalitzada de tipus tèrmic (subsidència postrift), que queden enregistrades per la deposició de successions que, sense brusques variacions laterals de potència i fàcies laterals, onlapen els marges de les cubetes.

Per la seva banda, la posició paleogeogràfica de la regió de la Conca Catalano-balear en un marge del Tetis, limitat a l'W i NW per les terres emergides d'Ibèria i format per mars epicontinentals que s'obrien i aprofundien progressivament cap a l'E (Mallorca i Eivissa) i SE (Subbètic), donà lloc a que: 1) les successions mesozoiques estiguin formades per roques carbonàtiques, majoritàriament, d'aigües somes que passen cap a l'E i S a carbonats d'aigües més profundes i cap a l'W a terrígens siliciclàstics dipositats en ambients continentals o litorals; 2) la sedimentació fos fortament influïda per les variacions globals del nivell del mar, les quals generarien marcades migracions laterals de les fàcies ressenyades al llarg del Mesozoic

## Magmatisme

El caràcter extensiu de l'evolució geodinàmica de la regió de la Conca Catalano-balear durant el Mesozoic, ve remarcada també, per la presència de nombroses manifestacions magmàtiques de tipus alcalí i d'edat triàsica superior i juràsica mitjana (Dogger) que denoten una etapa de rifting generalitzada. La distribució de les manifestacions magmàtiques corresponents a cadascun d'aquests dos períodes a terra, mostra que mentre els processos extrusius magmàtics del Triàsic superior es van desenvolupar en tota l'àrea estudiada, durant el Dogger, aquests es van concentrar a la part septentrional de les Cadenes Costaneres Catalanes i al límit meridional de la cubeta del Maestrat.

## Síntesi i interpretació

Encara que la informació disponible sobre l'evolució geodinàmica mesozoica és força incompleta en la major part de l'àrea estudiada, a partir de les dades recopilades en aquest treball es dedueix que l'evolució mesozoica de la regió de la Conca Catalano-balear va estar dominada per processos extensius que van donar lloc a: a) l'estructuració extensiva de l'escorça superior amb el desenvolupament de tres sistemes de cubetes i líndars que, limitats per falles normals diferentment orientades, se situen al llarg dels Pirineus (sistema E-W), de la Serralada Ibèrica (sistema NW-SE) i del conjunt solc de València - edifici bètico-balear (sistema NE-SW); b) l'extrusió de roques volcàniques alcalines; i c) un considerable aprimament litosfèric (de l'ordre d'un 65% en la cubeta del Maestrat).

Aquestes tres manifestacions extensives no van presentar una magnitud i grau de desenvolupament constant al llarg del Mesozoic. Així, a partir de les anàlisis de subsidència realitzades i de l'edat tant de les roques magmàtiques com de les principals deformacions superficials extensives, s'ha distingit: a) unes etapes de rifting, o el que és el mateix, d'intensa estructuració extensiva i forta subsidència tectònica (Triàsic inferior, el Lias inferior, Carixià-Toarcià i trànsit Juràssic mitjà-Cretaci inferior), i b) unes etapes amb poca activitat tectònica, que, desenvolupades immediatament després de les etapes de rifting assenyalades, van estar dominades per una subsidència generalitzada de tipus tèrmic (subsidència postrift).

Comparant la cronologia d'aquestes diferents etapes amb l'evolució global de l'àrea a escala de tectònica de plaques, es constata que les etapes de rifting estan directament relacionades amb els diferents estadis d'obertura del Atlàntic i Tetis. Així, el rifting del trànsit Permian-Triàsic inferior enregistra l'inici de la ruptura de la Pangea, el del Lias inferior és contemporani amb el període de rifting cimmerià inferior de l'Atlàntic, el del Carixià-Toarcià inferior reflecteix la ruptura generalitzada de la plataforma del Tetis occidental, i el del Juràssic mitjà-Cretaci inferior coincideix amb l'inici de l'obertura de l'Atlàntic central i amb la individualització de la placa africana.

D'acord amb aquesta correlació i amb les dades recopilades, l'evolució extensiva de la regió de la Conca Catalano-balear durant el Mesozoic, s'ha interpretat com el resultat de la superposició de diferents esdeveniments extensius que responen al moviment de les plaques africana, euroasiàtica i americana des de la seva individualització fins el Cretaci superior.

### IV-3: CONSIDERACIONS GENERALS

1. L'evolució de la regió de la Conca Catalano-balear ha estat força complexa des de la finalització de l'orogenia herciniana i en ella poden distingir-se tres gran etapes: a) una etapa mesozoica en la que la regió analitzada va esser sotmesa a una situació geodinàmica extensiva que va generar àmplies conques i un vulcanisme alcalí; b) una etapa paleògena amb predomini de processos compressius que van donar lloc a la formació d'edificis compressius; i c) una darrera etapa oligoceno terminal-neògena, força complexa, que ve caracteritzada per la creació de la Conca Catalano-balear a partir de processos geodinàmics tant de caire extensiu (rifting oligoceno terminal-miocè inferior del domini catalano-valencià i col.lapsament mioceno mitjà-quadernari de l'edifici bètico-balear) com compressiu (edificació del sistema d'encavalcaments del domini bètico-balear durant l'Oligocè terminal-Miocè mitjà).

El desenvolupament de cadascuna d'aquestes etapes reflecteix els diferents estadis evolutius que, a escala de tectònica de plaques, ha sofert la placa ibèrica en el mateix període de temps (vegeu subapartat I-4.1). Així, l'etapa extensiva mesozoica correspon al procés d'obertura de l'Atlàntic i del Tetis que, entre el Lias superior (>175 Ma) i el Santonià (84 Ma), va donar lloc a la fragmentació de la Pangea; l'etapa compressiva paleògena es correspon amb el període en el que va tenir lloc l'apropament i posterior col.lisió entre Ibèria i Euràsia; i, per últim, l'etapa oligoceno terminal-neògena coincideix amb l'estadi en el que, com a conseqüència de l'apropament Ibèria-Àfrica, va tenir lloc la subducció d'Àfrica sota Ibèria (SPAKMAN, 1986, 1990) i el desplaçament cap a l'W de ls unitats internes de les Bètiques (BALANYÁ i GARCÍA-DUEÑAS, 1988; BALANYÁ, 1991).

A l'àmbit de la regió de la Conca Catalano-balear, les dades analitzades en aquest treball mostren que el trànsit entre les dues etapes cenozoiques va ser gradual i que el seu desenvolupament no va ser isocrònic a tota la regió. D'acord amb les dades analitzades, ambdues etapes es van iniciar a les parts més nordorientals de la regió i des d'allà van anar propagant-se progressivament cap a les parts sudoccidentals de la regió, on, per tant, el període de desenvolupament de cada etapa va ser més tardà. L'origen d'aquestes migracions, per bé que presenten dins de l'àrea estudiada un mateix sentit de desplaçament, sembla venir donada per dos processos geodinàmics regionals ben diferents.

Així, la migració cap al SE de la deformació paleògena sembla respondre a la propagació cap al S de la deformació compressiva que va resultar de la convergència entre Euràsia i Ibèria. En efecte, els estudis tectònics realitzats a la meitat septentrional d'Ibèria mostren que a resultes d'aquesta convergència, primer es va produir la inversió de les conques mesozoiques situades en el marge septentrional d'Ibèria (Pirineus) i després les de l'interior de la microplaca ibèrica (Serralada Ibèrica i Sistema Català). Segons aquesta propagació cap al S i tenint en compte la disposició espacial de les cubetes mesozoiques, a la regió de la Conca Catalano-balear, en primer lloc s'haurien estructurat compressivament els Pirineus i les cubetes mesozoiques més septentrionals del Sistema Català (NE de la regió), i més tard les que configuren la Zona d'Enllaç, NW de Mallorca, el SW del Sistema Català i SE de la Serralada Ibèrica. Per consegüent, la migració NE-SW observada a la regió de la Conca Catalano-balear dels processos compressius paleogens reflecteix en realitat una migració de nord a sud de la deformació contractiva lligada a l'orogènia pirenaica.



Pel que fa referència a la migració de l'inici de l'etapa oligoceno terminal-neògena, aquesta sembla, en canvi, respondre més a una migració en sentit E-W que estaria relacionada directament amb la substitució de la convergència Ibèria-Euràsia per la convergència Ibèria-Àfrica, la qual, segons les dades geològiques existents, sembla ser que va produir-se primer en les parts orientals que en les occidentals d'Ibèria. Suposant que la direcció i taxa de convergència entre Euràsia i Àfrica ha estat més o menys constant durant el Cenozoic (DEWEY *et al.*, 1989; SRIVASTAVA *et al.*, 1990), les dades estructurals del conjunt la microplaca ibèrica mostren que les darreres deformacions contractives pirenaïques i les primeres estructures tant extensives com compressives lligades a un apropament Ibèria-Àfrica, van ser progressivament més modernes cap a l'W d'Ibèria (fig. 205).

Concretament, a les parts més orientals d'Ibèria, les darreres estructures compressives pirenaïques són de finals de l'Oligocè inferior (SÁEZ, 1987; ANADÓN *et al.*, 1989a; VERGÈS i MUÑOZ, 1990), i els primers encavalcaments bètics (SE de Mallorca) i falles normals produïdes per la subducció d'Àfrica sota Ibèria -processos de rera-arc- (NE del domini catalano-valencià) són oligocenes superiors (SÀBAT, 1987; SANZ DE GALDEANO, 1990a; AGUADO *et al.*, 1990; BARTRINA *et al.*, en premsa).

Més a l'oest, la deformació contractiva pirenaica finalitza en el trànsit Oligocè-Miocè (Zona d'Enllaç, SE de la Serralada Ibèrica, Pirineus centrals -RIBA i RIOS, 1960-62; PUIGDEFÀBREGAS i SOLER, 1973; RIBA, 1976; GUIMERÀ, 1987-) i els processos extensius i compressius bètics s'inicien en el Miocè basal (SW del domini catalano-valencià i Eivissa ? -FONTBOTÉ *et al.*, 1989-).

I per últim, a les parts occidentals d'Ibèria les darreres manifestacions pirenaïques són miocenes inferior (Cordillera Cantàbrica i NW de la Serralada Ibèrica -RIBA, 1964; COLMENERO *et al.*, 1982; CASAS-SAÍNZ, 1990-) i les primeres bètiques miocenes mitjanes (Serralada Bètica i Sistema Central VERA, 1983; ÁLVARO, 1987b; WARBURTON i ÁLVAREZ, 1989). Cal assenyalar, que la migració cap a l'W de la deformació bètica es va realitzar en gran part a partir del desplaçament en aquest sentit de les unitats internes de l'edifici bètico-magrèbide i que, per tant, àrees deformades durant l'Oligocè superior al sud del Promontori Balear se situen actualment molt més a l'oest de la seva posició inicial.

D'acord amb aquesta migració cap a l'W de zones internes de l'edifici bètico-magrèbide (domini d'Alborán), dins de l'etapa oligoceno-neògena, a la regió de la Conca Catalano-balear s'ha constatat que la deformació contractiva bètico-balear ve caracteritzada per la presència de falles ENE-WSW dextres (POMAR *et al.*, 1983d; DE RUIG *et al.*, 1987; ROCA i VERGÉS, 1989) i de rotacions sinorogèniques en el mateix sentit de les làmines d'encavalcament (PARÉS *et al.*, en premsa).

Aquest desplaçament cap a l'W de les zones internes, conjuntament amb la migració cap al sud de la subducció d'Àfrica sota Ibèria i els reajustaments isostàtics generats per l'apilament d'unitats encavalcants, va crear una situació extensiva a les parts orientals de la conca Nord-africana que va anar migrant també cap a l'W i afectant, per tant, àrees prèviament estructurades contractivament. Així, a l'àrea estudiada, es constata que la situació compressiva que va generar l'edifici del Promontori Balear va

ser substituïda, entre el Serraval·lià inferior (Promontori Balear) i el Serraval·lià superior-Tortonià basal (Bètiques orientals), per una situació extensiva que va donar lloc al col·lapse i al desenvolupament de la Conca Nord-africana.

---

2. L'estructuració resultant d'aquesta evolució cenozoica en la que s'han succeït situacions compressives i extensives, ha estat fortament condicionada per l'estructuració mesozoica. A excepció potser de les estructures contractives de l'edifici bètico-balear que semblen ser de nova creació, la major part d'estructures actives durant el Cenozoic resulten de la reactivació o inversió d'antigues falles mesozoiques. Aquesta situació és clara en el domini catalano-valencià, en el que, si bé no s'observen directament gaires falles mesozoiques reactivades, es constata que la deformació i les principals estructures contractives paleògenes i extensives neògenes s'han desenvolupat habitualment en els marges de les antigues cubetes mesozoiques. En aquestes bandes de deformació (Cadenes Costaneres Catalanes, per exemple), les característiques cinemàtiques i dinàmiques de les estructures cenozoiques resultants de la reactivació de les falles mesozoiques que configuraven aquests marges, ha estat controlada per l'orientació que aquestes presentaven respecte al camp d'esforços imperant en cada període. Així, durant la compressió paleògena, en els marges mesozoics orientats obliquament a la direcció de compressió N-S es van edificar sistemes transcompressius (Serralada Ibèrica, Cadenes Costaneres Catalanes, NW de Mallorca) i en els marges disposats perpendicularment a aquesta direcció es van formar complexos feixos de plects i encavalcaments orientats E-W (Pirineus, Zona d'Enllaç, Cameros). Posteriorment, durant l'extensió neògena NW-SE, els marges E-W i NW-SE es van mantenir inactius i els NE-SW van ser removilitzats de nou en sentit extensiu, de manera que les falles mesozoiques van tornar a jugar com a falles normals.

En el domini bètico-balear, la intensa deformació contractiva neògena impedeix reconèixer l'estructuració mesozoica de l'àrea i, per tant avaluar el paper que aquestes han jugat en l'estructuració cenozoica del domini. Tanmateix, les diferències en l'estratigrafia del Mesozoic observades entre làmines d'encavalcament contigües i la idèntica orientació que presenten les estructures neògenes i les poques falles mesozoiques reconegudes, semblen apuntar, tal com proposen la major part d'autors que han treballat a l'àrea (GARCÍA-HERNÁNDEZ *et al.*, 1980; MARTÍNEZ DEL OLMO *et al.*, 1986; VERA, 1988), que alguns dels principals encavalcaments neògens podrien resultar de la reactivació d'antigues falles normals mesozoiques. En canvi, en aquest domini, el que és evident a partir de les dades presentades en aquesta memòria, és que l'estructuració extensiva neògena superior d'aquest domini s'ha realitzat a partir de la reactivació en sentit normal dels encavalcaments bètico-balears.

Si admetem que l'estructuració contractiva bètico-balear resulta de la reactivació de falles mesozoiques, de les dades exposades es dedueix, doncs, que l'estructuració cenozoica de la regió de la Conca Catalano-balear s'ha realitzat a partir de la successiva inversió de les falles mesozoiques que ha generat: l'aixecament i estructuració contractiva de les àrees ocupades per les antigues cubetes mesozoiques durant els períodes contractius, i l'enfonsament i estructuració extensiva de les mateixes àrees durant els períodes extensius. Així, les actuals conques Catalano-balear i Nord-africana

coincideixen en grans trets amb els límits de les principals cubetes mesozoiques del marge nordoccidental del Tetis.

3. La restitució del gruix cortical que s'ha calculat per cada etapa a partir de les estructures superficials i conservant el volum de l'escorça, mostra que l'aprimament que presenta avui en dia l'escorça de la Conca Catalano-balear podria ser en gran part hereditat del Mesozoic. Segons les restitucions realitzades en el tall cortical que va des dels Pirineus fins a Mallorca (fig. 191), el gruix cortical que presenta el solc de València és el resultat principalment de les etapes extensives neògena i mesozoica, les quals van generar respectivament un aprimament amb valors de  $\beta$  de 1.4-1.5 (30-35%) i 1.6-1.7 (35-40%). Els engruiximents generats per les compressions paleògena i bètico-balear avaluats sobre el mateix tall, encara que també han influït en l'estructura cortical de l'àrea, presenten valors molt baixos (<10%), de manera que poden considerar-se despreciables respecte als processos d'aprimament ressenyats.

Cal assenyalar que el coeficient d'aprimament neogen ( $\beta$ ) calculat amb aquest mètode no concorda amb el deduït a partir de les anàlisis de subsidència dutes a terme a l'àrea. Així, aplicant un model de cisalla pura en dues capes (ROYDEN i KEEN, 1980), ROCA i DESEGAULX (en premsa) avaluen un  $\beta_c$  de 1.3-1.7 i 3.5-6.0 per les zones marginal i centrals de la Conca Catalano-balear, valors que concorden amb el calculats per WATTS *et al.* (1990) en alguns pous situats en el marge ibèric de la conca ( $\beta_c=1.40-1.55$ ). Aquests valors impliquen un  $\beta_c$  promitg molt més elevat (entre 2.0 i 4.0) que el calculat a partir de les estructures superficials ( $\beta_c=1.4-1.5$ ). La discrepància entre aquests dos valors d'aprimament calculats per diferents mètodes pot ser explicada de tres formes diferents (ROCA i GUIMERÀ, en premsa):

1) Considerar que el valor d'estirament calculat a partir de les estructures superficials és inferior al real i per tant també el coeficient d'aprimament calculat a partir d'aquest ( $\beta_c=1.4-1.5$ ). Encara que no es coneix l'extensió superficial que va tenir lloc a les àrees posteriorment involucrades en l'edifici bètico-balear, les observacions de camp realitzades no semblen donar suport a aquesta hipòtesi. Segons aquestes, l'extensió generada per les falles amb salt mètric a decamètric rarament presenten valors similars als calculats a partir de les falles hectomètriques a quilomètriques ( $\beta_c=1.4-1.5$ ), de manera que l'aprimament que poden haver generat no sembla ni molt menys capaç d'incrementar el  $\beta_c$  fins a valors de 2.0-4.0 (coeficient d'aprimament calculat amb l'anàlisi de subsidència).

2) Considerar que el coeficient d'aprimament avaluat a partir de les estructures superficials és més o menys correcte i que el calculat a partir de la subsidència és sobrestimat. Suportant aquesta hipòtesi, els estudis de subsidència duts a terme en la Conca Liguro-provençal (BESSIS, 1986; BESSIS i BURRUS, 1986) denoten, aplicant un model d'estirament no uniforme (ROYDEN i KEEN, 1980; ROYDEN, 1986), que l'aprimament cortical inferit de l'anàlisi de subsidència és molt més gran que el interpretat a partir de les dades geofísiques. Si tenim en compte que la Conca Catalano-balear correspon a la

prolongació sudoccidental de la Conca Liguro-provençal (FONTBOTÉ *et al.*, 1990) i que ambdues conques van ser formades pel mateix procés, és fàcil de suposar que l'aprimament calculat a partir de la subsidència en la Conca Catalano-balear sigui també superior al real.

3) La tercera i última hipòtesi assumeix un model d'aprimament cortical en el que no hi ha hagut conservació de materia, de manera que la Moho i el límit entre l'escorça inferior i superior no es corresponen amb els límits previs a l'extensió. D'acord amb aquesta hipòtesi, el límit escorça inferior-superior i la Moho es desplaçarien cap amunt per efecte de l'estirament i de processos metamòrfics desenvolupats a la base de l'escorça. Aquest fet implicaria que no hi hauria correspondència directa entre l'aprimament cortical real i el deduït a partir de les estructures superficials, de manera que aquest últim sempre seria inferior al primer. A favor de la presència d'aquest tipus de processos a la Conca Catalano-balear estaria: a) el vulcanisme mioceno superior-quatèmar que denota una extensió creixent que no queda reflectida en superfície (MARTÍ *et al.*, en premsa), i b) la dificultat de reconèixer sísmicament la Moho en les àrees centrals de la conca, on s'observa que el trànsit escorça-mantell és relativament transicional (TORRES, 1991; DAÑOBEITIA *et al.*, en premsa; TORNÉ *et al.*, en premsa).

Encara que aquests darrers processos puguin haver influït en la discrepància entre l'aprimament calculat amb les estructures superficials i amb les dades de subsidència, la hipòtesi més coherent amb les dades disponibles sembla ser la segona. La primera hipòtesi, no només no està d'acord amb les dades de camp observades a la Península Ibèrica, sinó que a més a més implica que prèviament a l'extensió neògena l'escorça no estava aprimada (gruix inicial de 30-32 km, que es equiparable al de la conca de l'Ebre 32-34 km; ROURE *et al.*, 1989), fet que tampoc concorda amb l'evolució geodinàmica de l'àrea. En efecte, segons les dades estructurals i de subsidència analitzades en la present memòria, amb anterioritat al Neogen, la regió de la Conca Catalano-balear va ser sotmesa a una intensa extensió mesozoica que hauria generat un aprimament cortical similar al neogen, aprimament que no sembla que es pogués ni molt menys recuperar amb les estructures contractives paleògenes. També, contra la validesa dels coeficients d'aprimament calculats a partir de les dades de subsidència, cal assenyalar que aquests s'han realitzat utilitzant models extensius de cisalla pura, models que no són vàlids en la Conca Catalano-balear on l'extensió neògena es va dur a terme seguint un model de cisalla simple (vegeu subapartat III-3.3).

Així, per bé que puguin haver-hi variacions generades tant per errors en el càlcul de l'estirament superficial com per la presència de processos subcorticals que donguin lloc a variacions en la posició de la Moho i límit escorça inferior-superior, les dades exposades apunten que el model d'evolució cortical exposat en l'apartat anterior (IV-2) podria acostar-se bastant a la realitat i que per tant, el gruix de l'escorça actual de l'àrea és el fruit de la suma dels aprimaments generats per les etapes extensives mesozoica i neògena.

4. La remuntada mantèl·lica que es constata per sota de la Conca Catalano-balear (MARILLIER i MUELLER, 1985; SUHADOLC i PANZA, 1988) i a la que poden associar-se als processos subcorticals neogens ressenyats en el punt anterior, sembla ser que s'ha desenvolupat principalment amb posterioritat a l'etapa de rifting que va generar la Conca Catalano-balear. En efecte, mentre l'etapa de rifting que va generar gran part de l'aprimament litosfèric és d'edat oligoceno superior-miocena inferior, les manifestacions volcàniques alcalines que denoten una extensió subcortical amb gran probabilitat associada a una remuntada astenosfèrica, són, en canvi, d'edat Miocè superior-Quaternari. Cal assenyalar que l'absència de roques alcalines premiocenes superiors no exclou que la remuntada astenosfèrica s'iniciés anteriorment durant l'etapa de rifting, únicament posa de manifest que aquesta s'ha anat desenvolupant amb posterioritat a l'estructuració extensiva de la conca.

Respecte a la presència d'una remuntada mantèl·lica prèvia a l'etapa de rifting oligoceno superior-miocena inferior que s'ha postulat en base a que el substrat preneogen estaria més erosionat en les parts centrals de la conca que en les seves parts marginals (STOECKINGER, 1976; VEGAS i BANDA, 1982; DOBLAS i OYARZUN, 1990), les dades de subsòl obtingudes en aquest últims 15 anys no donen suport a aquesta hipòtesi. En efecte, les dades petrolieres posen de manifest que la discordança preneogen de la Conca Catalano-balear es recolça sobre roques que, enlloc de fer-se més antigues, es fan més modernes cap al centre de la conca (fig. 206; CLAVELL i BERÁSTEGUI, 1991). Encara que aquesta geometria pugui ser deguda en gran part a l'estructuració paleògena de l'àrea (vegeu apartats III-3.2.3 i III-5), aquesta disposició cronològica de les roques situades per sota de la discordança invalida l'únic criteri proposat fins a l'actualitat per suposar la presència d'un bombament i, per tant, d'una remuntada del mantell astenosfèric amb anterioritat a l'etapa de rifting.

