

**ESCOLA UNIVERSITÀRIA POLITÈCNICA DE MANRESA**

*Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals*

**ESTUDI DELS MARCADORS  
BIOMARCADORS DE CONQUES  
ALTAMENT REDUCTORES**

Autor: Miquel Cabrera Ortega  
Director: F. Xavier de las Heras i Cisa

Juny, 1999

## **5. LA CONCA D'ORGANYÀ**

## 5. LA CONCA D'ORGANYÀ

### 5.1 INTRODUCCIÓ

L'estudi dels materials geològics del Cretaci inferior de l'àrea d'Organyà indiquen que aquesta zona forma part d'una conca petrolera. Algunes de les roques calcàries d'aquesta conca constitueixen el que s'anomena una roca mare de petroli.

Les roques mare de petroli són roques sedimentàries, pissarres o roques calcàries, en les quals la matèria orgànica ha estat transformada en hidrocarburs en estat líquid o gas sota la influència de la pressió, la calor i el temps (Katz, 1995; Zimmerle, 1995). Els paràmetres que defineixen una roca mare són la quantitat de matèria orgànica, el tipus i la maduresa d'aquesta. Una roca mare activa es pot definir com aquella roca que presenta una quantitat suficient de matèria orgànica d'un tipus determinat i un grau de maduresa suficient. Una roca mare potencial és una roca mare immadura (Zimmerle, 1995).

La generació d'hidrocarburs a partir de les roques mare s'acostuma a associar més amb la temperatura que no pas amb la pressió i el temps geològic. Quan la roca mare assoleix un rang de temperatura òptima és quan té lloc la generació del petroli i la subsegüent migració d'aquest. El gradient de temperatures és variable segons el tipus de conca geològica. Per indicar el rang de temperatures en el qual els hidrocarburs s'han generat, s'acostuma a fer servir el terme "finestra de petroli" (Zimmerle, 1995).

La primera etapa de la formació del petroli consisteix en la deposició subaquàtica de la matèria orgànica, en conjunció amb minúscules partícules d'argila i/o carbonat i que es preserven en un ambient deposicional anòxic de baixa energia, on el subministrament de matèria orgànica és superior al de l'oxigen.

Les condicions que afavoreixen la formació de sediments rics en matèria orgànica i que poden conduir a la formació de jaciments potencials en hidrocarburs són: un subministrament abundant de partícules orgàniques riques en lípids, una sedimentació en ambients deposicionals de baixa energia, la protecció de l'oxidació abiòtica per la ràpida incorporació a la superfície de deposició, l'estancament (incrementat pel consum d'oxigen d'una part de la matèria orgànica durant l'oxidació aeròbica i per l'absència de corrents d'aigua), un ambient deposicional àcid amb un pH baix i una relació de sedimentació òptima, suficientment lenta per evitar dilució per dispersió i suficientment ràpida per prevenir l'oxidació (Zimmerle, 1995).

La matèria orgànica que caracteritza els materials geològics d'origen sedimentari és el querogen; es tracta d'un geopolímer que es caracteritza per ser insoluble tant en els dissolvents orgànics més comuns com en els dissolvents alcalins aquosos.

Els querògens es poden classificar en quatre tipus mitjançant les relacions atòmiques H/C i O/C del diagrama de van Krevelen.

El querogen de tipus I és molt ric en hidrocarburs alifàtics, mentre que els hidrocarburs aromàtics són poc abundants. La relació H/C és gran i el potencial de generació de

petroli i gas és elevat. Aquest querogen pot provenir de restes d'algues o de matèria orgànica que ha estat sotmesa a una gran activitat bacteriana.

El querogen de tipus II és més ric en compostos aromàtics i naftènics. La relació H/C i el potencial generador de petroli és inferior al del querogen de tipus I. Aquest tipus de querogen quan ha estat generat en ambients deposicionals reductors d'origen marí acostumen a presentar un contingut de sofre relativament elevat. Quan la relació S/C és superior a 0.04 es pot afirmar que el querogen és de tipus II-S (Orr, 1986).

El querogen de tipus III està format principalment de compostos aromàtics policondensats i grups funcionals oxigenats. La relació H/C és més baixa i el potencial generador de petroli és moderat. Aquest tipus de querogen encara pot generar abundant gas a més baixes profunditats. La relació O/C és més gran que en els darrers querògens i la matèria orgànica prové principalment d'aports terrestres de plantes superiors.

El querogen de tipus IV està format per matèria orgànica residual, normalment associat al sapropel i generalment no genera hidrocarburs. La relació H/C és inferior a 0.65 i el quocient O/C és variable depenent del grau d'oxidació (Katz, 1995).

Pel que fa a la litologia, les roques mare d'hidrocarburs acostumen a trobar-se en forma de pissarres, roques calcàries, anhidrites o carbons.

Les roques mare de litologia calcària, com les d'Organyà, tradicionalment no s'han considerat com a bones roques mare de petroli, donat que no acostumen a mostrar un elevat potencial generador d'hidrocarburs. De fet, les roques carbonatades contenen poca matèria orgànica, normalment menys d'un 0.1% Corg (Zimmerle, 1995). No obstant això, les seqüències carbonatades poden incloure també margues o roques calcàries argiloses riques en matèria orgànica. El contingut en argila en aquestes roques oscil·la entre el 10 i el 30%. El contingut mínim de carboni orgànic d'una roca mare de litologia calcària és del 0.3% (Tissot i Welte, 1984).

Les roques mare de litologia carbonatada han estat descrites a l'Europa Central (Permià al Juràssic), a l'Àrabia Saudí (Juràssic), a Veneçuela (Cretaci) i a Alberta (Devonià) (Zimmerle, 1995).

## 5.2 SITUACIÓ GEOLÒGICA

### 5.2.1 INTRODUCCIÓ

La conca d'Organyà es situa al Sud de la unitat central de la serralada dels Pirineus (**figura 1**). Durant el Cretaci Inferior, la conca experimentà una evolució sedimentària complexa com a conseqüència de la tectònica distensiva que afectà els marges ibèric i europeu, la qual provocà, finalment, l'obertura del golf de Biscaia (Berástegui *et al.*, 1990; Malod i Mauffret, 1990; García-Senz *et al.*, 1991). La conca d'Organyà va mantenir la seva individualitat durant uns 38 milions d'anys i els dipòsits de sediments assoliren gruixos de més de 4000 metres (Berástegui *et al.*, 1993); 2000 m dels quals es van acumular entre l'Aptià i l'Albià (Bachman i Willems, 1996). La longitud de la conca (de Nord a Sud) oscil·lava entre els 70 i els 100 Km (Berástegui *et al.*, 1993).



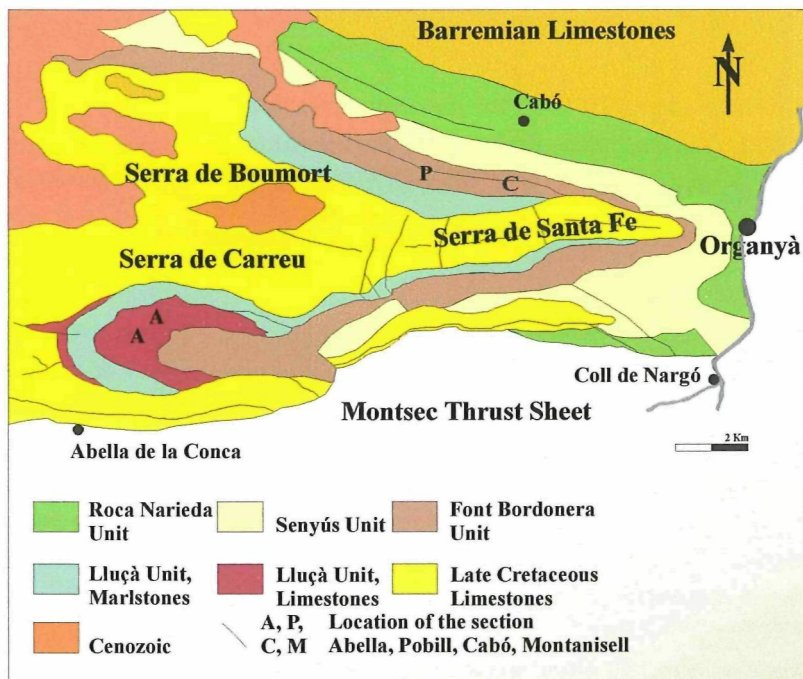
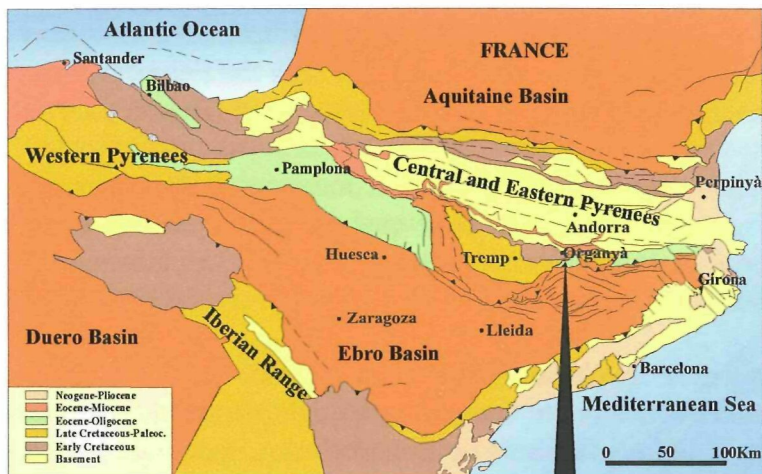


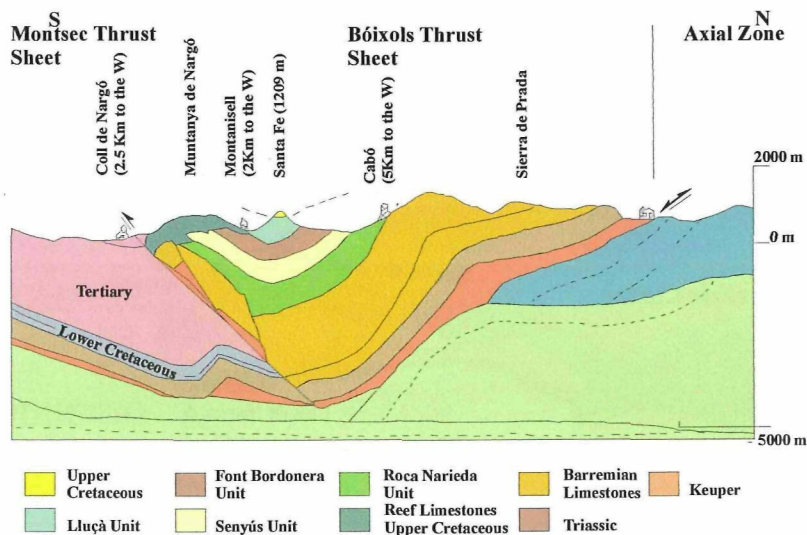
Figura 1: Localització de la conca d'Organyà (Vergés *et al.*, 1995; Bachmann i Willems, 1996).

La sedimentació s'estructura en vuit seqüències que es poden correlacionar amb quatre etapes evolutives durant el Cretaci Inferior. Els ambients sedimentaris es poden classificar en tres grups: Lagoon, placa continental oberta i conca marina profunda.

Durant el Neocomià i el Barremià (Cretaci Inferior) s'escindí una plataforma calcària del Juràssic del marge Est del continent de l'Ebre. Com a conseqüència d'aquest trencament es van formar subconques, que encara estaven connectades amb el Mar del Tetis i l'Oceà Atlàntic (Puigdefàbregas i Souquet, 1986). La zona central dels Pirineus va ser afectada per un falla nord-pirinenca, que va provocar la formació de conques turbidítics locals fortament subsidents, les quals van ser immediatament deformades i els materials dipositats sotmesos a un metamorfisme d'alta temperatura. Associats a aquest procés es van emplaçar mecànicament, a nivells superiors de l'escorça, fragments de l'escorça inferior (granulites) i del mantell superior (herzolites) (Berástegui *et al.*, 1993).

La sedimentació del Cretaci inferior es va donar per acabada amb la primera compressió durant l'Albià inferior/Cenomanià, la qual va generar una important disconformitat a l'Est dels Pirineus (Puigdefàbregas i Souquet, 1986). Les principals fases de compressió i subducció que afectaren els Pirineus es van produir durant el Campanià.

La megaseqüència del Cretaci inferior està limitada en la seva base per la discordança Portlandiana i en el sostre per la discordança del Cenomanià. La sèrie del Cretaci inferior en la làmina de l'encavalcament de Bóixols inclou carbonats de plataforma i talús, així com margues de conca. Aquesta sèrie ha estat dividida en vuit seqüències sedimentàries (figura 2).



**Figura 2:** Secció transversal de la conca d'Organyà i descripció geològica de les seqüències sedimentàries (Vergés *et al.*, 1995).



## 5.2.2 SEQÜÈNCIES SEDIMENTÀRIES

### Seqüència sedimentària d'Hostal Nou I

En aquesta seqüència es distingeixen quatre tipus d'unitats litològiques diferents:

La primera unitat de la megaseqüència del Cretaci inferior de la Conca d'Organyà corresponen a una bretxa poligènica carbonatada que es disposa en discordança sobre les calcàries i dolomies del Juràssic. Aquesta unitat s'anomena "Bretxa Límit" i assoleix una potència màxima de 200 m al Nord d'Organyà, i va disminuint de forma ràpida cap a l'Est (0 m en La Vansa) i cap a l'Oest (25 m en el tall de la vall de la Noguera Pallaresa).

Des del punt de vista litològic, aquesta seqüència consisteix bàsicament en bretxes formades per clasts de calcàries i dolomies de fàcies de plataforma interna originaris de la sèrie juràssica; la matriu està formada per carbonats de tamany de gra petit.

Aquesta unitat litològica està formada al seu torn per dos trams: un tram inferior i un de superior.

El tram inferior mostra una evolució d'estrat i gra decreixent, des de bretxes massives, a la part inferior, a nivells de pocs centímetres amb gradació normal i estructura de turbidita en el sostre, formats per partícules del tamany de grans de sorra i de fang. A la part superior es poden observar motllos de dissolució d'evaporites.

El tram superior es compon de bretxes massives amb clasts de calcàries (*mudstones*) laminades, dolomies, calcàries (*grainstones*) oolítiques i localment d'anhidrita. La matriu es troba dolomititzada i conté textularíds, miliòlids, nautiloculínids, trocolínids, lagènids i restes de macrofauna.

El caràcter localitzat d'aquests dipòsits, així com la seva organització, la litologia dels clasts i el contingut faunístic de la matriu, suggereixen una deposició al peu de l'escarpament de falla d'un ambient subaquàtic. L'edat de la "Bretxa Límit" és Portlandià superior.

La segona unitat litològica "Calcàries amb oncòlits", es superposa a la "Bretxa Límit" en el tall del riu Segre i es recolza directament sobre el Juràssic en altres unitats estructurals situades més cap al Nord. Aquesta unitat està formada per calcàries (*mudstones*) de color gris fosc amb grans "oncòlits" constituïts principalment per *Koskinobullina socialis* i algunes seccions de *Pseudocyclamina* cf. *lituus*. També s'ha observat la presència de calpionèlids (*Calpionella alpina*, *Tintinopsella* gr. *carpathica* i *Crassicollaria parva*), suggerint una molt clara influència pelàgica. La potència mínima de la unitat és de 20 m. La presència d'aquests microorganismes indica que l'edat d'aquesta unitat és del Titònic terminal-Berriasià.

La tercera unitat està formada per un tram de margues que cobreixen les "Calcàries amb oncòlits" de la segona unitat. Les margues formen les unitats "Margues i margo-calcàries

a *Pseudosubplanites*” i “carbonats del Barranc de la Fontanella, Margues i part A d’Arenisques”.

Aquesta unitat litològica està constituïda per un tram inferior de 10 m de potència, format per margues negres amb ammonites del gènere *Pseudosubplanites*, seguides per un tram de margues i margocalcàries de color gris groguenc (5 m) molt distorsionades (bretxes d’origen tectònic) que corresponen als dipòsits de transició dels nivells estratificats de la unitat superior. Aquests sediments es dipositaren en un ambient pelàgic d’edat Berriasiana.

La quarta unitat litològica correspon a les parts calcàries amb trocolines i dasicladàcies i carbonats del Barranc de la Fontanella, Margues i part B d’arenisques.

El conjunt litològic presenta una potència de 220 m i està format per tres subunitats que es disposen verticalment en cicles de somerització. Des de la base fins al sostre es distingeixen:

La primera subunitat està formada per 140 m de calcàries de gra molt fi (*mudstones*), de color gris fosc, ben estratificades, entre les que s’intercalen nivells centimètrics de margues. El contingut faunístic ve caracteritzat per *Globobuligerines*, restes d’ammonites, radiolaris, alguns calpionèlids i abundants ostràcodes. En la base del tram, han estat identificats la *Calpionella alpina* i algunes formes de *Tintinopsella* gr. *carpathica* i ostràcodes atribuïts al Berriasià basal.

La segona subunitat correspon a un tram de 40 m. de gruix, format per calcàries de gra molt fi (*wackestones*) en la base, macroscòpicament semblants a les darreres, però on els microfòssils bentònics són força abundants, i *packstones* i *grainstones* oolítics ho fan cap més cap al sostre. En conjunt, el tram D<sub>2</sub> forma un cicle de tamany de gra creixent. Respecte a la fauna, en la base del cicle s’han reconegut trocolines, entre elles algunes formes grans i planes que han estat descrites com *Trocholina* cf. *alpina* i escassos foraminífers aglutinats complexos, com *Pseudocyclamina* cf. *lituus* i *Everticyclamina*. En la part intermitja del tram són abundants la *Trocholina alpina* i *T. elongata*. Cap a la part superior del tram D<sub>2</sub>, el contingut faunístic augmenta i apareixen, a més a més dels trocolínids indicats, *Rectocyclamina arrabidensis*, *Feurtillina frequens*, *Pseudotextulariella courtionensis* i *Trocholina delphinensis*, contenint cap al sostre fragments d’algues dasicladades.

La tercera subunitat és el tram superior de la seqüència sedimentària d’Hostal Nou I, està formada per 40 m de calcàries organitzades en un cicle de tamany de gra creixent, començant amb les calcàries de gra fi (*mudstones*) amb escassa fauna; cap a la part superior, les calcàries (*packstones-wackestones*) contenen oòlits amb quantitats que van augmentant progressivament cap amunt, acabant en el sostre amb un *grainstone* oolític. La fauna és igual a la del tram anterior (Garcia-Senz *et al.*, 1991).



## Seqüència sedimentària d'Hostal Nou II

El límit inferior de la seqüència sedimentària d'Hostal Nou II té més de 160 m de gruix. El límit superior és una discordança sota les calcàries de Prada. Litològicament es distingeixen dues unitats:

Una unitat litològica inferior amb una potència mínima de 120 m. Cap a la base d'aquesta unitat afloren alguns nivells de calcàries amb llims i margues. La part superior de la unitat consisteix bàsicament en sorres amb llims, calcàries argiloses i carbonatades que contenen puntualment nivells de calcàries bioclàstiques (*grainstones*) amb elements rodats de petit tamany (quars) i oòlits. La part superior d'aquesta unitat s'organitza en cicles someritzants que poden assolir els 10 m de gruix, formats per siliciclasts en la base i calcàries bioclàstiques amb detrits de margues negres carbonatades que contenen carofícies i dents de peixos litorals en el sostre. Aquests cicles corresponen a la progradació d'un complex de planura deltaica.

Els nivells inferiors de la unitat són molt abundants en macromamífers, entre aquests destaquen *Choffatella pyrenaica*, *Everticyclammina* i ostràcodes. Les calcàries detrítiques contenen *Citaella favrei*, *Haplophragmoides joukowsky*, *Trocholina cherchiaie*, *Nautiloculina* i estranyes *Montsalevia* sp. La fauna de foraminífers bentònics i ostràcodes indiquen una edat Berriasià terminal-Valanginià.

La unitat litològica superior està formada per 40 m de calcàries bioclàstiques (*grainstone*) i calcàries margoses disposades en cicles més profunds cap al sostre, amb abundants fragments de lamel.libranquis, briozous, dasicladals, *Boueina* i foraminífers, entre els que destaquen *Montsalevia salevensis*, *Citaella favrei*, *Haplophragmoides joukowsky*, *Trocholina molesta* i *Eclusia* cf. *moutyi*. Els foraminífers bentònics presents en la unitat permeten assignar-li una edat Valanginià (Garcia-Senz *et al.*, 1991).

## Calcàries de Prada

Les calcàries de Prada es disposen en discordança sobre la seqüència d'Hostal Nou en el tall del riu Segre i sobre materials juràssics en unitats tectòniques més septentrionals. La unitat litològica correspon a les calcàries urgo-barremianes i a la part inferior de les calcàries amb anèlids i les calcàries de Prada. La potència d'aquesta unitat sobrepassa els 1450 m.

Es distingeixen dos conjunts litològics:

El primer conjunt està format per 300 m de calcàries bioclàstiques amb oòlits. Es disposen en cicles estratocreixents de 10-15 m de potència, amb *wakestones* i *grainstones* en bancs de 0,5 a 10 m de gruix en la base, i que en la part superior del conjunt passen a ser *wakestones/grainstones/floatstones*. Contenen abundants restes fòssils fragmentats, entre aquests es distingeixen els lamel.libranquis, briozous, plaques d'equínids i, en la part superior, restes de rudistes. En els trams inferiors d'aquest conjunt, els foraminífers són escassos, mentre que en la part superior són més abundants, i destaquen *T. molesta*, *T. odukpaniensis*, *T. saggitaria*, *Praereticulinella curvillieri*, *Eclusia decastroi*, *Cribellopsis* cf. *neolongata*, *Paracoskinolina maynci*, *P. sunnilandensis*, *paleodyctiocomas cuvillieri* i *Valserina primitiva*.

El conjunt litològic superior de les Calcàries de Prada està format per una successió de *wakestones* i *mudstones* caracteritzada per l'alternança de capes riques en foraminífers aglutinats amb capes riques en carofícies. Les capes amb foraminífers aglutinats es troben molt bioturbades i contenen també miliòlids i anèlids. Els orbitolínids són molt abundants en tota la unitat, on es distingeixen tres associacions faunístiques: la primera conté *Valserina bronninmani*, *Eygallierina turbinata*, *Paracoskinolina hispanica* i *Paleodictyoconus curvillieri*; la segona associació conté, a més dels indicats, *Eopalorbitolina charollaisi* i *Palorbitolina lenticularis*; la tercera associació faunística es caracteritza per l'absència de *Paleodictyoconus curvillieri*.

El tram més elevat de les calcàries de Prada està format per *mudstones* foscos laminats rics en carofícies amb asfalt en les juntes estilolítiques. Localment, cap al sostre del tram final alguns nivells de *mudstones* contenen gran quantitat de lamel·libranquis de closca fina.

Les calcàries de Prada reflecteixen en tota la seqüència una evolució general des de fàcies de plataforma oberta a un complex de bancs oolítics, continuant amb fàcies de plataforma protegida i finalment amb fàcies d'ambients restringits de tipus llacuna.

L'edat de les calcàries de Prada ha estat fixada a partir de l'estudi dels orbitolínids pels que s'atribueix a la primera unitat litològica una edat Barremiana inferior, mentre que a la segona unitat se li atribueix una edat Barremiana superior (Garcia-Senz *et al.*, 1991).

### Seqüència sedimentària de Prada II

El límit inferior d'aquesta seqüència sedimentària es situa sobre els nivells de *mudstones* negres rics en carofícies que caracteritzen el sostre de les calcàries de Prada, en la base d'un paquet de dolomies massives. El conjunt litològic està format per dues unitats:

La unitat litològica inferior, de 40 m de gruix, està constituïda per calcàries (de *packstones* a *grainstones*) parcialment dolomititzades i per dolomies. De baix a dalt, aquesta unitat està formada per un paquet de dolomies massives de gra gruixut, sobre les quals es poden observar tres cicles de gra estratocreixents cap amunt. El cicle inferior comença amb *packstones* foscos amb fragments de rudistes i nòduls de sílex. La base del cicle intermig està formada per *packstones* i *wackstones* bioclàstics de tonalitats fosques que passen cap amunt a *grainstones* de gra més fi amb estructures de barres i canals, acabant amb 15 m de *grainstones* bioclàstics més gruixuts, parcialment dolomititzats, amb fragments de rudistes. El cicle superior, de 18 m de gruix, està format en la base per *grainstones* de gra fi i acaba amb un paquet de *grainstones* més gruixuts calcàries amb fragments de rudistes. En aquests nivells s'ha trobat *Palorbitolina lenticularis*. Aquestes restes han permès considerar que aquesta unitat pertany al Barremià terminal o Aptià basal.

La unitat superior està formada quasi en la seva totalitat per *mudstones* laminats de color negre, entre els que s'intercalen nivells de margues querogèniques. S'observen concentracions d'asfalt entre les juntes estilolítiques. En els nivells inferiors s'ha reconegut carofícies i anèl·lids. El límit superior d'aquesta unitat es situa en el contacte



amb les margues de Cabó, les quals corresponen a la seqüència de Roca Narieda (Garcia-Senz *et al.*, 1991).

### Seqüència de Roca Narieda

El límit inferior de la seqüència de Roca Narieda es situa a l'extrem Nord del sinclinal de Santa Fe, en la base de les margues de mar oberta que es superposen a les fàcies anòxiques i querogèniques de la Seqüència de Prada II. En el costat Sud del sinclinal, l'esmentat límit és una discordança angular sobre els materials juràssics truncats, i inclou un nivell de bretxes en la base.

La seqüència de Roca Narieda està formada per dues unitats litològiques relacionades vertical i lateralment.

La unitat inferior, coneguda com "margues del Cabó", està formada per margues negres i grises amb ammonites i espícules d'esponges que assoleixen els 800 m de potència. Abunden els nòduls de pirita. Les margues del Cabó corresponen als dipòsits de conca i de talús. En la base de la unitat litològica s'han identificat les zones de *Deshayesites forbesi* i *D. deshayesi*.

La unitat superior es coneix amb el nom de les Calcàries de Roca Narieda i es presenta principalment a l'extrem Sud del sinclinal de Santa Fe, on assoleixen els 300 m de gruix. Aquesta unitat està formada per dos cossos carbonats superposats, separats per un estrat discontinu de caràcter margós. La potència màxima del cos inferior és de 60 m i la seva estructura interna consisteix en superfícies paral·leles-obliqües. Cap al Sud, aquest cos es va fent més estret i arriba a cobrir els carbonats juràssics truncats. L'estrat margós discontinu es situa sobre una superfície amb abundant presència d'orbitolines (*Palorbitolina lenticularis lenticularis*). El cos superior assoleix una potència màxima de 250 m i s'estreny cap al Sud de potència màxima.

El marge de la plataforma és una banda estreta que aflora com un cos coral·lí d'aspecte massiu. El talús inferior està constituït per *mudstones* i *packstones* que es troben amb les margues de la vall del Cabó.

En termes estratigràfics, la part inferior de les margues de Cabó i el cos carbonat inferior de Roca Narieda testimonien una sedimentació transgressiva. L'estrat discontinu que es superposa amb la seqüència inferior correspon a una secció condensada en la qual es situa la superfície de màxima inundació. La seqüència de Roca Narieda conté una fauna que correspon a l'Aptià inferior (Garcia-Senz *et al.*, 1991).

### Seqüència de Senyús

El límit inferior de la seqüència de Senyús en l'extrem Nord del Sinclinal de Santa Fe és una paraconformitat sobre la seqüència de Roca Narieda i en l'extrem Sud del sinclinal una discordança sobre les seqüències del Juràssic.

La seqüència de Senyús consisteix en dues plataformes carbonatades complexes, localitzades als extrems Nord i Sud del sinclinal de Santa Fe, associades lateralment amb margues de *offshore* i de conca que ocupen el nucli del plec (Margues de Senyús). Al costat Sud del sinclinal de Santa Fe, el complex de plataformes carbonatades arriba als 750 m de potència i és expansiu cap al Sud (costa) respecte a la seqüència inferior de Roca Narieda, recobrint expansivament als materials juràssics. Al costat Nord del sinclinal de Santa Fe, el complex de plataformes de Senyús se superposa a les margues de conca (Margues de Cabó) de la seqüència de Roca Narieda.

En tota la conca, el sostre de la seqüència de Senyús presenta un paleofons endurit que en el sinclinal de Santa Fe acostuma a contenir lutites vermelles i pisolites.

La seqüència de Senyús conté nivells amb *Orbitolina* en les fàcies margocalcàries de talús; des de la base al sostre s'ha trobat l'*Orbitolina parva*, *O. texana* (forma primitiva), *O. subcòncava* (forma primitiva) i *O. subcòncava*, assignada a l'Aptià mitjà-superior (Garcia-Senz *et al.*, 1991).

### Seqüència de Font Bordonera

La unitat de Font Bordonera es troba a 350 m al Sud del sinclinal de Santa Fe. La seqüència es pot dividir en dues unitats, una d'inferior, de caràcter margós, i una de superior, més calcària. Ambdues unitats contenen restes de petits rudistes.

La unitat inferior assoleix una potència entre els 120 i 230 m i està formada per margues i roques calcareomargoses amb intercalacions de petxines. Al nord-oest del sinclinal de Santa Fe, la unitat superior de la seqüència de Font Bordonera arriba fins els 270 m de gruix de roques calcàries bioclàstiques. També s'observen intercalacions de margues fosques en la part superior. Al sud-est i nord-est del sinclinal de Santa Fe, les calcàries i les margues es van alternant formant un gruix de 200 m. Els sediments de la unitat superior estan distribuïts en cicles de 15 a 40 m de gruix, en la part inferior, i de 5 a 8 m, en la part superior.

El límit inferior de la seqüència de Font Bordonera correspon a una superfície de paraconformitat sobre el paleofons endurit del sostre de la seqüència de Senyús.

El primer dipòsit de la seqüència de Font Bordonera és un nivell de tempestites de 5 a 10 m de gruix àmpliament estès a tota la conca, constituït per sorres bioclàstiques amb grans de quars que es situen sobre el paleofons endurit.

Les fàcies d'aquesta plataforma també es troben en ambdós costats del sinclinal de Santa Fe i les fàcies de conca en el nucli del plec. A l'extrem Sud, la seqüència de Font Bordonera inclou una estreta plataforma coral·lina ("Calcàries de Set Comelles") expansiva cap al Sud respecte a la seqüència de Senyús, que cobreix a les seqüències juràssiques truncades. En el costat Nord del sinclinal de Santa Fe, les úniques fàcies que afloren són calcàries (*mudstones*) de color gris fosc que alternen amb calcàries margoses amb nodulars atribuïdes a fàcies de plataforma externa. El límit superior de la seqüència de Font Bordonera es troba en un paleofons endurit ferruginós i/o fosfàtic (Peracalç) o



un contacte brusc de les fàcies de plataforma per sota de margues de fàcies profundes (Garcia-Senz *et al.*, 1991).

La presència d'*Orbitolina texana*, *O. subcòncava* i *Agardhiellopsis cretacea* en la seqüència de Font Bordonera ha permès classificar-la dins l'Aptià superior (Bachmann i Willems, 1996).

### Seqüència de Lluçà

La unitat de Lluçà està formada per margues fosques amb intercalacions de turbidites calcàries al nord-est i al sud-est del sinclinal de Santa Fe. La part més inferior de la unitat de Lluçà està formada per 300 m de calcàries bioclàstiques disposades en cicles de 20 a 40 m de gruix. Els cicles estan controlats per les fluctuacions del nivell del mar (Bachmann i Willems, 1996). Cap a la part més elevada de la unitat, aquests materials són substituïts per margues fosques.

El límit inferior de la seqüència de Lluçà és una paraconformitat sobre la seqüència de Font Bordonera, que coincideix amb el paleofons endurit esmentat i una discordança correlativa sobre seqüències juràssiques truncades. Les fàcies de conca de la seqüència sobrepassen i recobreixen expansivament cap al Sud (costa) el marge de la plataforma de la seqüència de Font Bordonera.

La seqüència de Lluçà consisteix en una sèrie de 900 m de gruix constituïda majoritàriament per margues negres amb ammonites i espícules d'esponges, amb uns primers metres rics en glauconita. Els nivells més alts que es conserven estan formats per un complex de barres bioclàstiques ferruginoses (Calcàries del Coll d'Abella).

La plataforma equivalent a aquest grup de margues de *offshore* i conca es situa més cap a l'Oest, en la vall de la Noguera Ribagorçana, on es pot observar el seu recobriment expansiu costaner sobre els carbonats juràssics truncats.

El límit superior de la seqüència de Lluçà en la Làmina Cavalcant de Bóixols és una discordança angular sota les calcàries del Cenomanià.

Els materials que formen la seqüència de Lluçà es van dipositar durant l'Albià inferior (Garcia-Senz *et al.*, 1991).

### 5.2.3 EVOLUCIÓ SEDIMENTÀRIA I HISTÒRIA TECTÒNICA

Els registres estratigràfics del Cretaci inferior de la conca d'Organyà es poden dividir en vuit seqüències sedimentàries. Aquestes pertanyen a les quatre etapes més importants de la fase del "rifting": extensió inicial, "rifting" moderat, "rifting" intens i transició a la fase "post-rifting".

### 1 Primera extensió: Seqüència d'Hostal Nou I i II. Berriasià-Valanginià inferior

L'inici de la fase de *rifting* del Cretaci inferior ha quedat registrada en la conca d'Organyà per la discordança portlandiana. Aquest període de primera expansió es caracteritza per la sedimentació de bretxes carbonatades ("Bretxa Límit"); el caràcter local d'aquests dipòsits i les litologies presents en els clasts, les estructures sedimentàries que presenten així com el contingut paleontològic de la matriu suggereixen una deposició a peu d'escarpaments de falla en un medi submarí. L'evolució seqüencial posterior apunta a un aixecament relatiu de les àrees marginals amb erosió en les espatlles del *rift* (*rift shoulder*) associat al primer estadi extensiu.

### 2 *Rifting* moderat: Calcàries de Prada i seqüència de Prada II. Valanginià-Barremià

L'inici de la fase del *rifting* moderat està marcada per una discordança en la base de les Calcàries de Prada, una transgressió marina sobre la seqüència d'Hostal Nou II i els materials juràssics.

El gran gruix dels sediments de les fàcies marines someres que caracteritzen a les Calcàries de Prada i el caràcter localitzat dels carbonats de la seqüència sedimentària de Prada II suggereixen una subsidència relacionada amb l'actuació de sistemes de falles després del primer estadi extensiu.

### 3 *Rifting* intens: Seqüències de Roca Narieda, Senyús, Font Bordonera i Lluçà. Aptià inferior-Albià inferior

La discontinuïtat de la base de l'Aptià registra l'inici de la fase de *rifting* intens. Durant aquest episodi de *rifting* intens en la Conca d'Organyà, va començar l'expansió del fons oceànic a l'Oest de Galícia (Aptià superior). Aquesta expansió probablement es va registrar en el límit de la seqüència de Lluçà i en la posterior transgressió sobre les seqüències dipositades prèviament.

Mentre es produïa aquesta fase, el depocentre de la conca migrava cap al Sud-est des de la seva localització inicial fins a una posició més propera a l'eix actual del sinclinal de Santa Fe. Això va provocar una asimetria Nord-sud en la conca-sinclinal; al mateix temps, cada seqüència va retrocedir en sentit cap a la costa sobre la precedent, mentre les falles en extensió que afectaven a les marges van estar actives durant la deposició de la seqüència de Lluçà. Aquesta dinàmica va provocar l'obertura de la conca i la fossilització de les falles per la mateixa seqüència (Estructura Invertida de Bóixols) o per la discordança *post-rift* (Falla de Peracalç).

### 4 Transició a la fase *post-rifting*: Seqüència de Turbón-Escales. Albià superior

La transició a la fase *post-rifting* està registrada per la discontinuïtat de la base de la seqüència. Aquesta discontinuïtat probablement reflecteix l'inici de l'expansió del fons oceànic en el Golf de Biscaia, coetània amb aquesta discontinuïtat. La transició a la fase

de subsidència *post-rifting* es caracteritza per una entrada important d'aports terrígens provinents del Nord, probablement associada a un aixecament relatiu de les àrees continentals contigües emergides (*rift shoulder*).

#### 5 Subsidència *post-rifting*. Cenomanià mig-Santonian inferior

La discordança angular de la base de les calcàries del Cenomanià registra el final del *rifting* del Cretaci inferior en la conca d'Organyà. Aquesta discordança es pot correlacionar amb el límit de la megaseqüència del Cenomanià mig en Grand Banks, on es registra la separació d'Europa i l'inici de l'expansió generalitzada del sòl oceànic a l'Est de Grand Banks i Orphan Knoll (Berástegui *et al.*, 1990).