

**Departament de Geoquímica,
Petrologia i Prospecció Geològica**
Programa de doctorat “Ciències de la Terra”.
Universitat de Barcelona

**AMMONITS DE L’APTIÀ INFERIOR DE LA
PENÍNSULA IBÈRICA. BIOSTRATIGRAFIA I
APORTACIONS A L’ESTUDI DEL *OCEANIC
ANOXIC EVENT* 1a**

Josep Anton Moreno-Bedmar

Codirectors: Miguel Company Sempere,
Ricardo Martínez Ribas i Ramon Salas Roig

2010

AMMONITS DE L'APTIA INFERIOR DE LA PENÍNSULA
IBÈRICA. BIOSTRATIGRAFIA I APORTACIONS A
L'ESTUDI DEL OCEANIC ANOXIC EVENT 1a

Josep Anton Moreno-Bedmar

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica
Programa de doctorat "Ciències de la Terra"
Universitat de Barcelona

AMMONITS DE L'APTIA INFERIOR DE LA PENÍNSULA
IBÈRICA. BIOSTRATIGRAFIA I APORTACIONS A
L'ESTUDI DEL *OCEANIC ANOXIC EVENT* 1a

Memòria presentada per Josep Anton Moreno-Bedmar per optar al grau de Doctor en
Geologia.

CODIRECTOR
Miguel Company Sempere
Vistiplau

CODIRECTOR
Ricardo Martínez Ribas
Vistiplau

CODIRECTOR
Ramon Salas Roig
Vistiplau

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica
Programa de doctorat "Ciències de la Terra"
Universitat de Barcelona

A la memòria del meu oncle:

Benito Moreno Arbalat

Voltava l'any 1993 quan el Bení va realitzar una troballa "extraordinària", algú va llençar -en una zona on s'havia de construir una plaça- tot un conjunt de roques amb motlles de gasteròpodes i bivalves fòssils, que molt posteriorment vaig poder atribuir al miocè marí tarragoní. El meu oncle va avisar el meu pare, ens va mostrar el seu "descobriment" i vam recollir aquestes roques. Aquesta va ser la primera vegada que vaig tenir contacte amb fòssils, sorgint-ne després una autèntica passió per la paleontologia.

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ	1
1.1. Objectius	2
1.2. Problemàtica	3
2. MARC GEOLÒGIC I ESTRATIGRÀFIC	7
2.1. Marc geològic	7
2.2. Marc estratigràfic	8
3. LA CONCA DEL MAESTRAT	11
4. EL DOMINI PREBÈTIC	13
5. LA CONCA DE SALOU-GARRAF	14
6. LA CONCA BASCO-CANTÀBRICA	15
7. LA CONCA D'ORGANYÀ	17
8. RESULTATS PER A CADA ÀREA ESTUDIADA	18
8.1. La Conca del Maestrat	18
8.2. Domini Prebètic	22
8.3. Conca de Salou-Garraf	24
8.4. Conca Basco-Cantàbrica	26
8.4.1 Sector Basc	26
8.4.2 Sector Cantàbric	29
8.5. Conca d'Organyà	34
9. RESULTATS GLOBALS	43
9.1 Biostratigrafia	43
9.2 Cronostratigrafia	44
9.3 Estratigrafia isotòpica	44
10. DISCUSSIÓ	45
10.1 Biostratigrafia	45
10.2 Cronostratigrafia	47
10.3 Estratigrafia isotòpica	48
11. CONCLUSIONS	50
12. ABREVIATURES	51
13. AGRAÏMENTS	52
14. BIBLIOGRAFIA	57
15. Annex 1	
15.1 Article 1	
15.2 Article 2	

15.3 Article 3

16. Annex 2

16.1 Altres articles

17. Annex 3

17.1 Resums de presentacions de congressos i un informe

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Correlació de la biozonació boreal i mediterrània	4
Figura 2. Figura presa de Menegatti <i>et al.</i> (1998) de la secció de Roter Sattel on mostren els intervals des del C1 fins al C8.	5
Figura 3. Variació de l'edat de l'OAE 1a segons diversos autors	6
Figura 4. Zones objecte d'estudi durant l'Aptià inferior, modificat de Masse <i>et al.</i> 2000.	8
Figura 5. Estratigrafia sintètica de totes les zones estudiades	10
Figura 6. Conca del Maestrat durant l'Aptià inferior, modificat de Masse <i>et al.</i> 2000.	11
Figura 7. Domini Prebètic durant l'Aptià inferior, modificat de Masse <i>et al.</i> 2000.	13
Figura 8. Conca de Salou-Garraf durant l'Aptià inferior, modificat de Masse <i>et al.</i> 2000.	14
Figura 9. Conca Basco-Cantàbrica durant l'Aptià inferior, modificat de Masse <i>et al.</i> 2000.	15
Figura 10. Conca d'Organyà durant l'Aptià inferior, modificat de Masse <i>et al.</i> 2000.	17
Figura 11. Biozonació mediterrània estàndard i boreal <i>versus</i> la biozonació per la Conca del Maestrat	18
Figura 12. <i>Dufrenoyia</i> sp., exemplar VP-A6.	19
Figura 13. Estratigrafia de l'Aptià inferior de la Conca del Maestrat i de les seves subconques.	20
Figura 14. Estratigrafia del Domini Prebètic	22
Figura 15. Biozonació regional per a la Conca de Salou-Garraf <i>versus</i> la biozonació boreal.	24
Figura 16. Estratigrafia de la Conca de Salou-Garraf.....	25

Figura 17. Ammonits de la secció de Madotz.....	27
Figura 18. Estratigrafia del sector Basc de la Conca Basco-Cantàbrica	28
Figura 19. Ammonits de la secció de Cuchía.	31
Figura 20. Estratigrafia del sector cantàbric de la Conca Basco-Cantàbrica....	33
Figura 21. Secció de la Borda de la Torre.	35
Figura 22. Secció de Cabó.	36
Figura 23. Ammonits de les seccions de la Borda de la Torre i de Cabó.	37
Figura 24. Ammonit heteromorf de la secció de la Borda de la Torre	39
Figura 25. Ammonits de la secció de Cabó.	40
Figura 26. Estratigrafia de la Conca d'Organyà.....	42
Figura 27. Biozonació per a la península Ibèrica <i>versus</i> la biozonació mediterrània estàndard	43
Figura 28. Estratigrafia sintètica de l'Aptià inferior de les àrees estudiades de la península Ibèrica, en gris més fosc situació de l'OAE 1a.....	44
Figura 29. Biozonació per a la península Ibèrica <i>versus</i> la biozonació mediterrània i la boreal.....	47

1. Introducció

La present tesi doctoral tracta de l'estudi del registre d'ammonits de l'Aptià inferior (Cretaci inferior) de la península Ibèrica essencialment des d'un punt de vista biostratigràfic. Durant l'Aptià inferior va tenir lloc un dels Esdeveniments Anòxics Oceànics –d'ara endavant OAE 1a– del Cretaci més ben extensament representat geogràficament, millor definit i més ben conegut, perquè en els darrers anys ha estat, i és, àmpliament estudiat. L'OAE 1a és el primer esdeveniment de gran magnitud del Cretaci amb un efecte clarament global (Jenkyns, 2003). Durant aquest esdeveniment es va produir un escalfament global, perturbacions en el cicle del carboni, desenvolupament d'anòxia en els fons marins, crisi en la producció de carbonats, acidificació de les aigües i extincions en massa. L'OAE 1a s'ha caracteritzat en algunes de les àrees treballades en aquesta tesi, i s'ha emprat el registre d'ammonits per datar-lo amb precisió. Simultàniament a la realització d'aquesta tesi, quatre doctorands tracten l'OAE 1a en les seves respectives tesis, tres doctorandes l'estudien i el caracteritzen a la Conca Basco-Cantàbrica –María Najarro, María Isabel Millán i Tatiana Gaona Narvaez– i un darrer doctorand a la Conca del Maestrat, Telm Bover Arnal. S'ha col·laborat amb tres dels quatre doctorands realitzant, bàsicament, el calibratge biostratigràfic amb ammonits.

La tesi doctoral que es presenta s'ha dut a terme a la Conca del Maestrat, al Domini Prebètic, a la Conca de Salou-Garraf, a la Conca Basco-Cantàbrica i a la Conca d'Organyà. Aquesta tesi es construeix sobre tres articles, un d'ells publicat, un segon acceptat i un darrer enviat, tots ells a revistes indexades de reconegut prestigi internacional (ISI). Aquests articles són:

1. **Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Martínez, R., Grauges, A., 2009. Biostratigraphic characterization by means ammonoids of the lower Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE 1a) in the eastern Iberian Chain**

- (Maestrat Basin, eastern Spain). Cretaceous Research, 30(4), 864-872.**
2. **Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Maurrasse, F.J.-M.R., Martínez, R., Grauges, A., Lower Aptian ammonite biostratigraphy in the Maestrat Basin (Eastern Iberian Chain, Spain). Geologica Acta, en premsa.**
3. **Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Sandoval, J., Tavera, J.M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Maurrasse, F.J.-M.R., Martínez, R., Lower Aptian ammonite and carbon isotope stratigraphy in the eastern Prebetic Domain (Betic Cordillera, southeastern Spain). Geologica Acta, en revisió.**

Aquests articles es mostren a l'Annex 1 i tracten sobre la Conca del Maestrat i el Domini Prebètic.

Davant la impossibilitat, per manca de més temps en aquests quatre anys del període d'investigació –marcats per la durada de la beca–, de realitzar estudis de totes les àrees analitzades es presenten, a l'Annex 2 i 3, tot un seguit de treballs complementaris. A l'Annex 2 es mostren estudis publicats en revistes nacionals, no incloses en l'ISI, i en l'Annex 3 s'inclouen alguns resums de congressos i un informe. Per tal d'acabar de completar i oferir una visió global el més uniforme possible de les àrees estudiades, en els casos on la informació és menor –Conca Basco-Cantàbrica i Conca d'Organyà– es presenten resultats inèdits de forma resumida. Totes les dades inèdites exposades seran objecte de publicació.

1.1. Objectius

1. Comprovar com la biozonació d'ammonits mediterrània estàndard per a l'Aptià inferior pot ser aplicada en el Mediterrani més occidental (península Ibèrica).

2. Proposar una alternativa per substituir la forma índex de la segona biozona de l'Aptià inferior (*Deshayesites weissii*), alhora que s'intenta millorar i precisar tota la biozonació per a aquest període de temps.
3. Establir elements que puguin correlacionar la biozonació mediterrània estàndard amb altres biozonacions d'ammonits de l'Aptià inferior, tal com seria el cas, per exemple, de la Boreal.
4. Calibrar biostratigràficament amb ammonits el registre d'isòtops estables de Carboni, $\delta^{13}\text{C}$, durant l'Aptià inferior.
5. De forma més particular caracteritzar l'edat de l'OAE 1a emprant l'estratigrafia isotòpica i calibrant-ne l'edat amb ammonits.

1.2. Problemàtica

Des de fa una vintena d'anys el grup d'especialistes en ammonits del Cretaci inferior es reuneix periòdicament per tal d'estandarditzar una biozonació mediterrània estàndard per al Cretaci inferior, alhora que es publiquen els resultats d'aquestes reunions. La primera biozonació proposada va ser la de Hoedemaeker i Bulot (1990), on van prendre per a l'Aptià inferior la biozonació desenvolupada, prèviament, a l'antiga Unió Soviètica (Mediterrani oriental). Des d'aleshores en les successives versions de la biozonació mediterrània estàndard (Hoedemaeker *et al.* 1993; Hoedemaeker *et al.* 1995; Rawson *et al.* 1999; Hoedemaeker i Rawson 2000; Hoedemaeker *et al.* 2003; Reboulet *et al.* 2006 i Reboulet *et al.* 2009) la biozonació per a l'Aptià inferior va romandre pràcticament sense cap canvi. Al seu torn en les dues darreres versions (Reboulet *et al.* 2006 i Reboulet *et al.* 2009), s'ha posat de manifest una marcada problemàtica amb la forma índex de la segona biozona, *Deshayesites weissii* –l'espècie es considera *nomen dubium*¹ caldria, doncs, buscar una altra espècie índex– que de moment resta sense solució.

La correlació de la biozonació mediterrània estàndard per a l'Aptià inferior amb la biozonació boreal és, en termes generals, força directa (Bogdanova i Tovbina, 1994; Erba, 1996; Ogg *et al.* 2004 i altres), perquè en realitat a tres de

¹ Nom d'espècie vàlid però d'aplicació dubtosa.

les quatre biozones (vegi's figura 1, interval B) les associacions d'ammonits són molt similars. No passa el mateix amb la primera biozona (figura 1, interval A), on el grau de provincialitat entre la província faunística mediterrània i boreal és molt gran. Malgrat això, la correlació és raonablement precisa. Existeix, però, una discussió important entorn la posició biostratigràfica d'unes formes d'ammonits (*Roloboceras* sp. i *Megatyloceras* sp.). Aquests ammonits es troben a la segona biozona de l'Aptià inferior de la biozonació boreal, *Deshayesites forbesi*, (Casey, 1961a, b; Casey *et al.* 1998). Tanmateix a França aquestes mateixes formes han estat atribuïdes a la tercera biozona *Deshayesites deshaysi* (Ropolo *et al.* 2000, 2006, 2008a, b). Es suggereix que hi ha un diacronisme causat per la migració d'aquestes formes des de la província faunística boreal, on hipotèticament van aparèixer, cap a la província mediterrània (Ropolo *et al.* 2008a). En aquest moment el grau de provincialitat és mínim (figura 1, interval B), així doncs, aquest diacronisme és certament problemàtic.

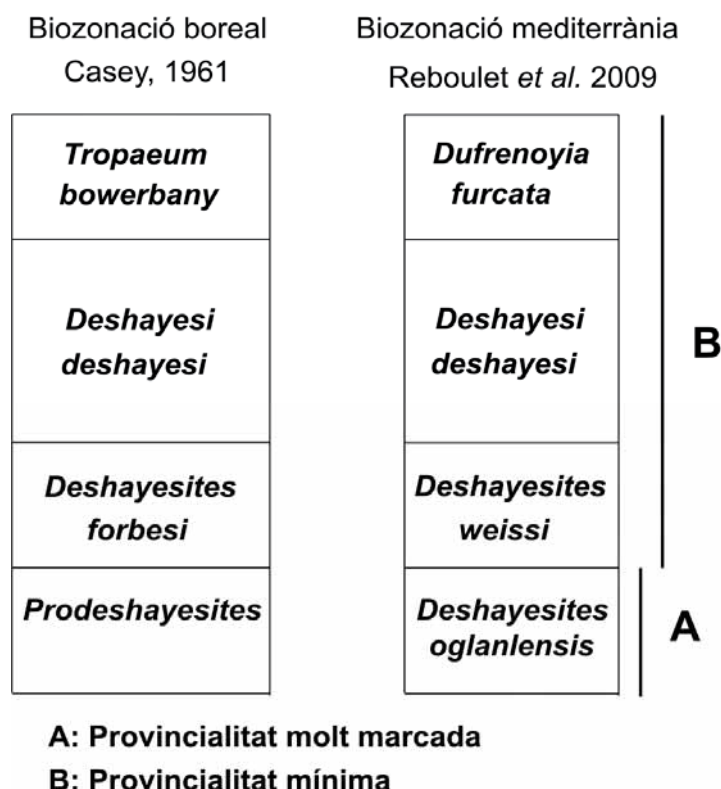


Figura 1. Correlació de la biozonació boreal i mediterrània

L'estratigrafia isotòpica basada en els isòtops estables de Carboni, $\delta^{13}\text{C}$, s'està manifestant com una eficient eina de correlació estratigràfica d'alta

resolució (Ferreri *et al.* 1997) a causa de la presència de tendències globals, sent les excursions associades a Esdeveniments Anòxics Oceànics (OAE) les més destacables. En relació amb l'Esdeveniment Anòxic Oceànic 1a (OAE 1a) de l'Aptià inferior, Menegatti *et al.* (1998) van caracteritzar fins a vuit segments (C1-C8) entre el Barremià superior i l'Aptià superior, vegi's figura 2. Aquesta terminologia ha estat la més àmpliament emprada posteriorment. Els intervals definits per Menegatti *et al.* (1998) des del C4 fins al C6, ambdós inclosos, es corresponen amb l'OAE 1a. Recentment, però, va prenent força la incorporació de l'interval C3 dins de l'OAE 1a (Li *et al.* 2008, Mehay *et al.* 2009, Tejada *et al.* 2009 i altres), tal com van fer anteriorment Erba *et al.* (1999) i Bellanca *et al.* (2002).

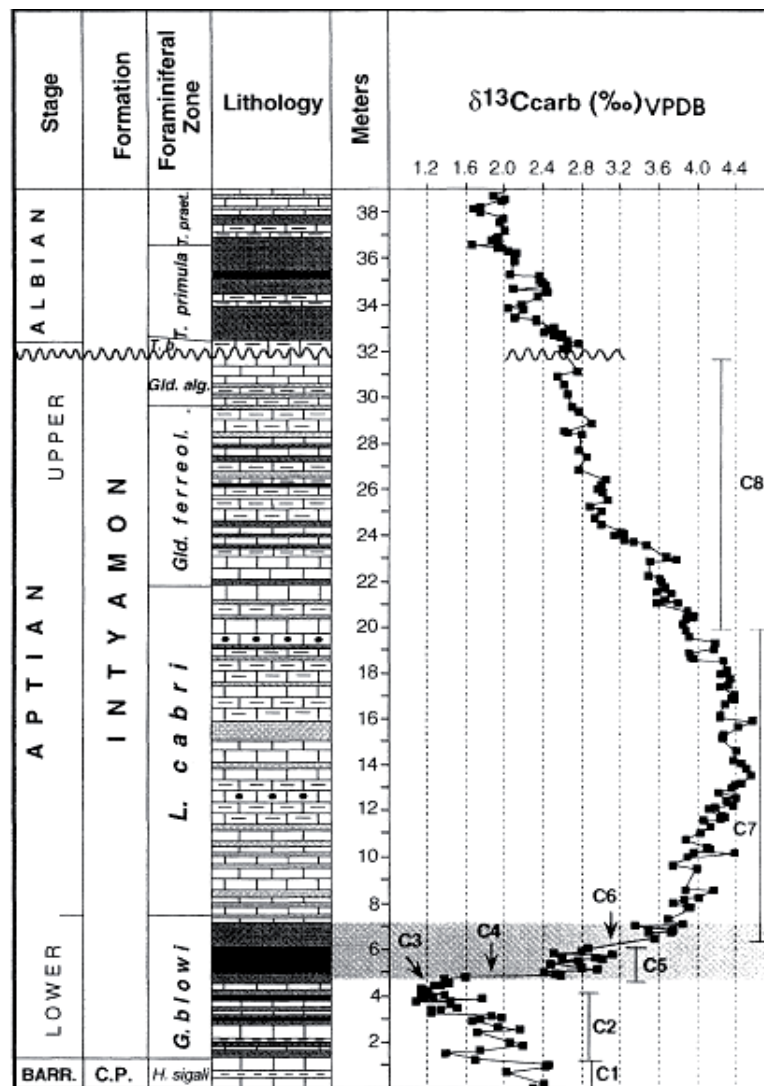


Figura 2. Figura presa de Menegatti *et al.* (1998) de la secció de Roter Sattel on es mostren els intervals des del C1 fins al C8

L'edat de l'OAE 1a ha estat calibrada amb foraminífers planctònics, part baixa de la biozona *Leupoldina cabri*, i també amb nanofòssils calcaris, part mitjana de la biozona *Chiastozygus litterarius*, sent aquestes assignacions àmpliament acceptades. En canvi, del calibratge que l'OAE 1a presenta amb l'escala biostratigràfica d'ammonits més precisa, aparentment de millor resolució, en resulta que l'edat de l'OAE 1a és problemàtica, i actualment molt discutida. De les quatre biozones d'ammonits existents a l'Aptià inferior, l'OAE 1a ha estat assignat a totes quatre, tal com es mostra a la figura 3. Paradoxalment, l'escala biostratigràfica d'ammonits que hauria de ser més precisa presenta el calibratge més incert.

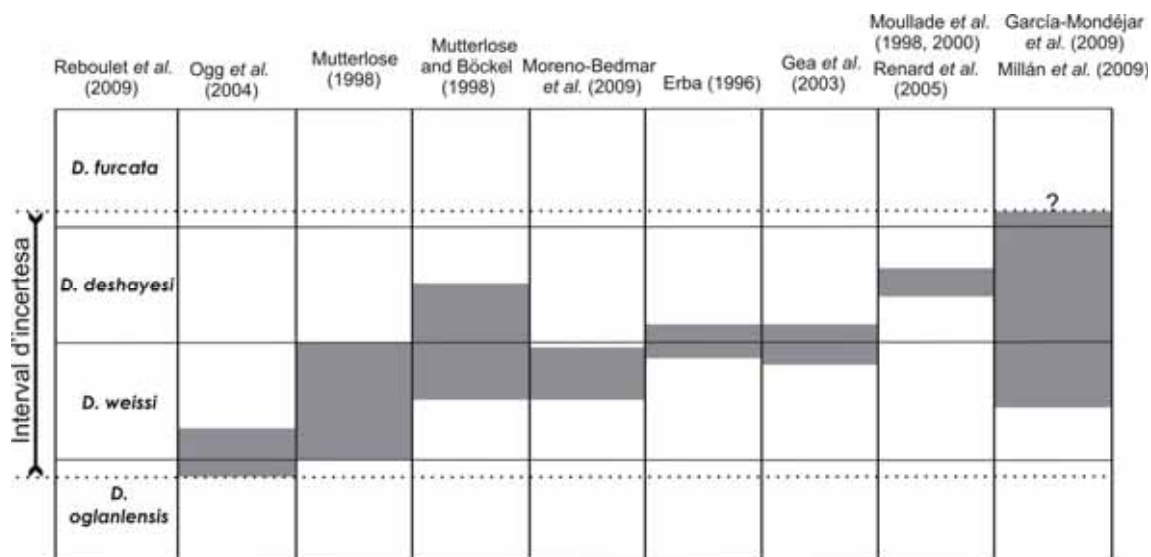


Figura 3. Variació de l'edat de l'OAE 1a segons diversos autors

Aquest grau d'incertesa tan ampli prové de diverses causes. Primer, el fet que en seccions pelàgiques –que és on es va caracteritzar inicialment l'OAE 1a ja que contenen fàcies típicament anòxiques– els ammonits són escassos o biostratigràficament poc diagnòstics (Landra et al. 2000); també pot succeir el mateix en altres seccions més somes. Segon, on el registre d'ammonits ofereix unes condicions més adequades hi ha divergències taxonòmiques que comporten discrepàncies biostratigràfiques (vegi's en **Moreno-Bedmar et al. 2009**). Una altra causa d'imprecisió són les correlacions indirectes, quan a partir de dades de foraminífers planctònics o nanofòssils calcaris s'ha referit l'edat de l'OAE 1a a biozones d'ammonits.

2. Marc geològic i estratigràfic

2.1. Marc geològic

Durant el Juràssic superior-Cretaci inferior va tenir lloc a la península Ibèrica la segona etapa de rifting mesozoica (Salas *et al.* 2001), la qual coincideix amb l'obertura de l'Atlàntic central i la seva propagació cap a l'Atlàntic nord i el Golf de Biscaia. Les plataformes juràssiques dipositades en una etapa de subsidència tèrmica –postrifting 1 (Salas *et al.* 2001)– van començar a ser destruïdes durant la segona etapa de rifting i es va desenvolupar un nou sistema de conques extensionals molt subsidents, com seria el cas de les estudiades en la present tesi: Conca del Maestrat, Domini Prebètic, Conca de Salou-Garraf, Conca Basco-Cantàbrica i la Conca d'Organyà (figura 4). Aquest cicle de rifting es pot dividir en dues grans etapes: una primera juràssica superior, associada a l'obertura de l'Atlàntic central, i una segona, cretàtica inferior, on es va obrir l'Atlàntic nord i el Golf de Biscaia. Pel que fa a la segona etapa, val a dir que durant la major part del Neocomià s'inicia de forma molt tènue. Posteriorment, durant el Barremià, l'Aptià i l'Albià, va tenir lloc una forta reactivació del procés de rifting i una generalització del mateix, només trencada per un moment de menys activitat a la base de l'Aptià inferior i que coincideix amb el M0r².

Aquesta activació generalitzada del rifting de la segona etapa té el seu clímax durant l'Aptià inferior, que al seu torn coincideix amb una forta transgressió marina tetiana associada a l'OAE 1a. La suma d'aquests factors comporta un increment significatiu de l'espai d'acomodació –en menor o major mesura, depenent del context paleogeogràfic– a totes les conques estudiades, i la presència de fàcies marines més obertes amb ammonits. Aquestes fàcies són l'objecte d'estudi de la present tesi i s'analitzen juntament amb el registre d'isòtops estables de $\delta^{13}\text{C}$, amb especial atenció en com es registra l'OAE 1a.

² Cron paleomagnètic de polaritat invertida previ al supercron normal del Cretaci inferior. La base del M0r marca l'inici de l'Aptià.

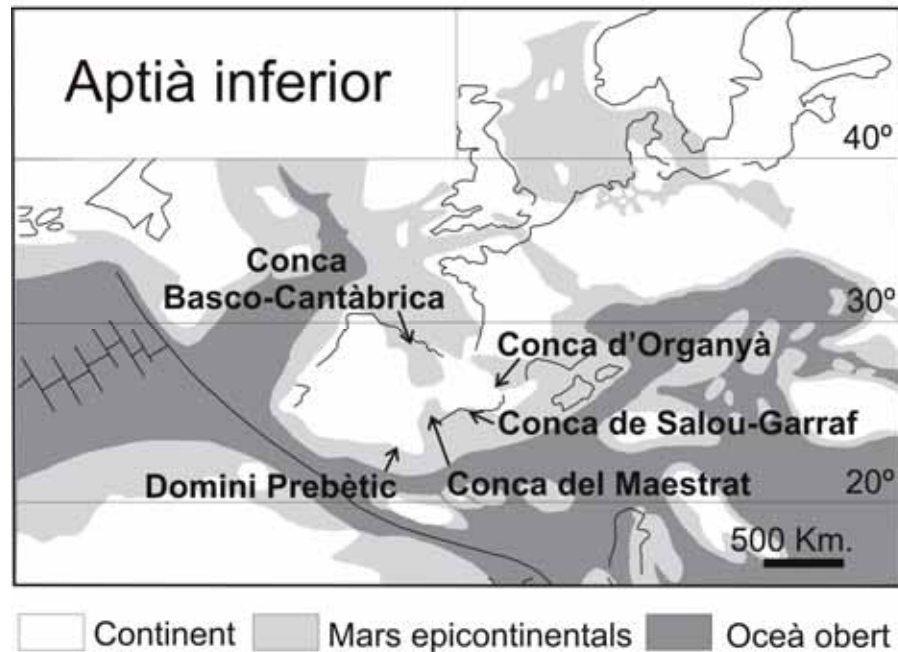


Figura 4. Zones objecte d'estudi durant l'Aptià inferior, modificat de Masse *et al.* 2000

2.2. Marc estratigràfic

El registre estratigràfic de l'Aptià inferior de cada zona estudiada varia depenent de la paleogeografia i de l'espai d'acomodació en cada moment, que fonamentalment es veu controlat per dos factors: la subsidència regional i els canvis eustàtics del nivell del mar.

A la Conca del Maestrat (figura 5), concretament a la base de l'Aptià inferior, es troba la Formació continental Argiles de Morella, que correspon a l'atenuació del procés del rifting, per sobre es troba la Formació Xert amb fàcies marines somes. Després es localitza la Formació Margues del Forcall, que és la que conté essencialment tot el registre d'ammonits de l'Aptià inferior amb fàcies marines més obertes. Dins d'aquesta formació cal assenyalar la presència d'una intercalació de calcàries marines somes, que és coneguda com el Membre Barra de Morella. A continuació hi ha la Formació Calcàries de Villarroya de los Pinares i tot seguit, la Formació Benassal que en alguns sectors pot incloure registre d'ammonits de l'Aptià inferior, si bé la seva edat és, essencialment, Aptià mitjà i superior. La Conca del Maestrat es divideix en set subconques (Salas i Guimerà, 1996) que es corresponen amb dominis

paleogeogràfics diferenciats. Aquests contextos locals poden presentar evolucions tectonosedimentàries particulars al llarg de l'Aptià inferior. És per aquest motiu que l'edat de la Formació Forcall és diacrònica. Aquest fet complica substancialment l'estratigrafia, alhora que en alguna subconca les unitats litoestratigràfiques tenen noms diferents. A la figura 5 es presenta l'estratigrafia general de la Conca Maestrat correlacionada amb altres conques.

Al Domini Prebètic, durant l'Aptià inferior, únicament es poden reconèixer dues formacions: les Calcàries de Llopis dipositades en un medi marí som, i la Formació Margues d'Almadich d'un medi marí més obert i amb registre d'ammonits. La Formació Llopis es troba en una posició paleogeogràfica més costanera. A la figura 5 es mostra l'estratigrafia del Domini Prebètic.

Pel que fa a la Conca de Salou-Garraf, cal dir que mostra unes certes similituds amb la Conca del Maestrat, si bé, en termes generals sol presentar un clar predomini de fàcies marines més distals *versus* les més proximals. A la base de l'Aptià inferior es localitza la Unitat continental Morro de Gos, aquesta probablement es correspon amb l'atenuació del procés del rifting i seguidament la Formació Xert amb fàcies marines somes. Després, fàcies marines més obertes, la Unitat Margues de Vallcarca que passa lateralment a unes altres fàcies marines relativament profundes, la Unitat Calcàries del Farreny, figura 5.

La Conca Basco-Cantàbrica es pot dividir en dos grans sectors, el basc i el cantàbric. Al sector basc es presenta l'estratigrafia basada essencialment en l'estudi realitzat sobre la secció de Madotz. Primerament trobem la Formació Errenaga, que inclouria gran part de l'Aptià inferior, integrada per fàcies marines obertes amb registre d'ammonits i una destacable intercalació de calcàries somes, coneguda com prebarra de Madoz (Duvernois *et al.* 1972). Aquesta intercalació que comporta un canvi sobtat, dins de les fàcies marines profundes amb ammonits, té exactament la mateixa edat que la Barra de Morella a la Conca del Maestrat. Per sobre de la Formació Errenaga es troba la Formació Sarastarri, constituïda per fàcies marines més somes. Al sector cantàbric l'Aptià inferior comença amb una formació marina soma, la Formació Umbrera, i tot seguit es localitza la Formació Patrocinio, que és la que inclou fàcies marines obertes amb registre d'ammonits. Al damunt es troba una altra

formació marina soma, San Esteban. A la figura 5 se sintetitza l'estratigrafia de la Conca Basco-Cantàbrica.

A la Conca d'Organyà, durant l'Aptià inferior, es poden reconèixer dues formacions: Prada i Cabó. La Formació Prada va ser dipositada en un medi marí som –part baixa-mitja– però la part alta en un medi marí obert que conté registre d'ammonits. La Formació Margues de Cabó va ser dipositada en un medi marí obert. En alguns sectors aquesta formació pot passar lateralment al Membre de Roca Narieda, que està constituït per fàcies marines més proximals (García-Senz, 2002), figura 5.

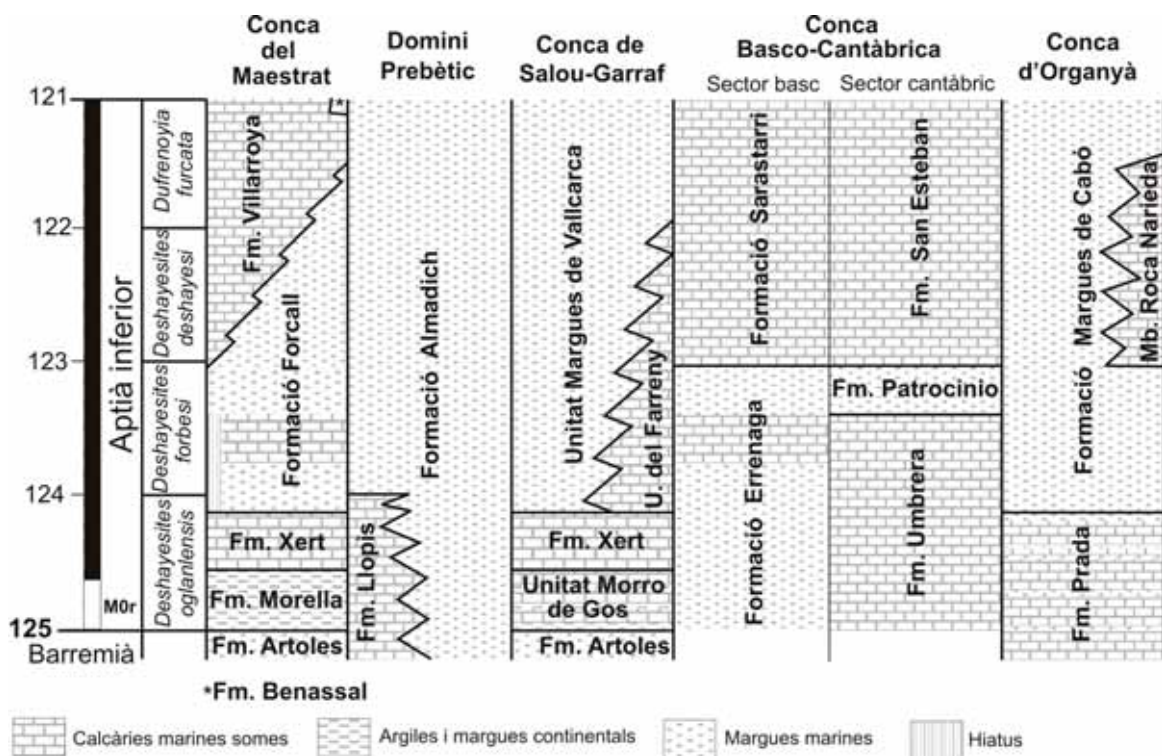


Figura 5. Estratigrafia sintètica de totes les zones estudiades

3. La Conca del Maestrat

La Conca del Maestrat se situa a l'Est de la península Ibèrica (figura 6) i abasta territori de Tarragona, Castelló i Terol. Aquesta conca s'ha dividit en set subconques (Salas i Guimerà, 1996).

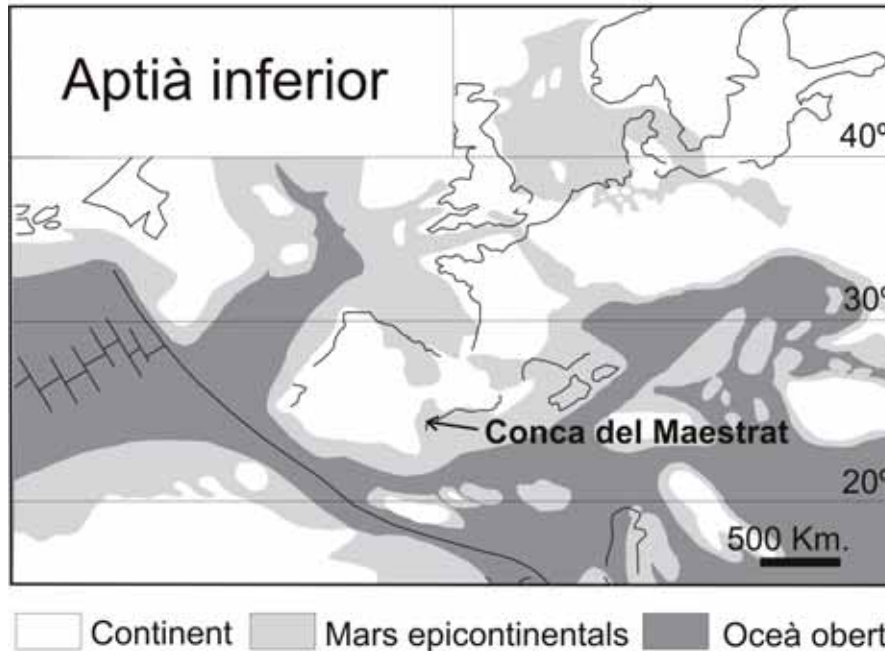


Figura 6. Conca del Maestrat durant l'Aptià inferior, modificat de Masse *et al.* 2000

A la subconca de Galve s'ha col·laborat amb el doctorand Telm Bover-Arnal, de la Universitat de Bayreuth, en l'estudi del registre d'ammonits de l'Aptià inferior, així com en la caracterització de l'OAE 1a (Bover-Arnal *et al.* en revisió). En el marc de la present tesi, les primeres aportacions es van realitzar l'any 2007; Moreno i Bover 2007 (Annex 3) mostren la biostratigrafia preliminar de l'Aptià inferior de la subconca de Galve. El mateix any Moreno *et al.* 2007 (Annex 2) exposen un treball on aporten dades biostratigràfiques sobre l'Aptià inferior de la subconca d'Oliete. Moreno Bedmar *et al.* 2007a (Annex 2) ofereixen dades sobre la segona biozona de l'Aptià de la subconca d'Oliete i d'altres conques de la península Ibèrica. Posteriorment, Moreno-Bedmar *et al.* 2008 (Annex 2) caracteritzen amb isòtops estables de Carboni, $\delta^{13}\text{C}$, l'OAE 1a a la Conca del Maestrat i presenten de forma preliminar l'edat amb el registre d'ammonits. Seguidament **Moreno-Bedmar *et al.* 2009** (Annex 1) realitzen un dels articles sobre el que es fonamenta l'actual tesi, on tracten de forma detallada el calibratge biostratigràfic amb ammonits de l'OAE 1a a la Conca del

Maestrat. Finalment, **Moreno-Bedmar et al. en premsa** (Annex 1) realitzen el segon article, sobre el que es construeix aquesta tesi, una anàlisi biostratigràfica *in extenso* dels ammonits de l'Aptià inferior de la Conca del Maestrat.

4. El Domini Prebètic

El Domini Prebètic –concretament el Domini Prebètic Oriental que és el que presenta un millor registre d'ammonits de l'Aptià inferior– se situa al Sud-Est de la península Ibèrica (figura 7) a les terres d'Alacant, essencialment.

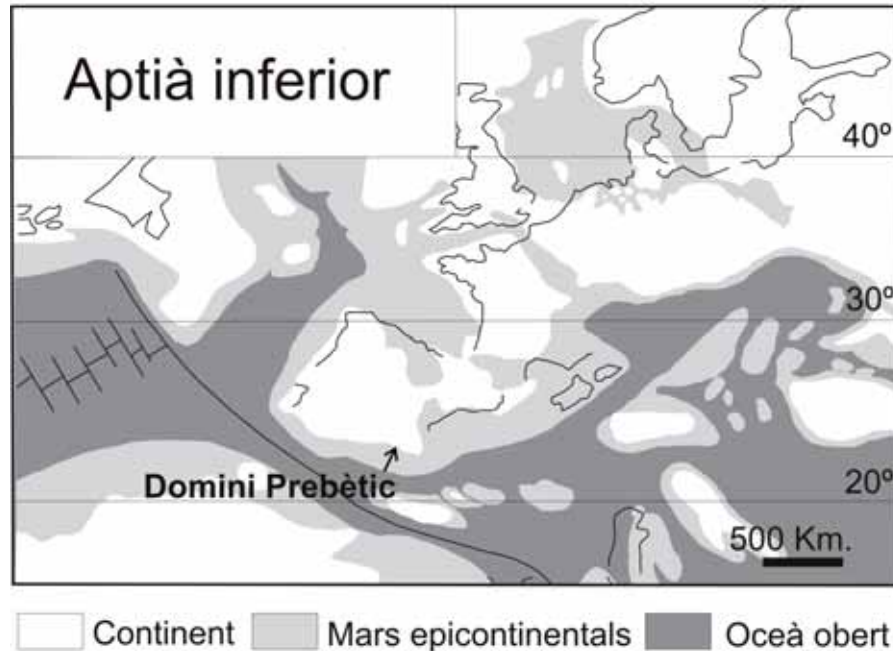


Figura 7. Domini Prebètic durant l'Aptià inferior, modificat de Masse *et al.* 2000.

S'ha efectuat un article **Moreno-Bedmar et al. en revisió** (Annex 1) que conté l'anàlisi biostratigràfica *in extenso* dels ammonits de l'Aptià inferior del Domini Prebètic. S'estudia també el registre d'isòtops estables de Carboni, $\delta^{13}\text{C}$ caracteritzant-se l'OAE 1a i es duu a terme un nou calibratge de l'edat de l'OAE 1a mitjançant el registre d'ammonits.

5. La Conca de Salou-Garraf

La Conca de Salou-Garraf es troba al Nord-Est de la península Ibèrica (figura 8) i abasta terres de Tarragona i Barcelona.

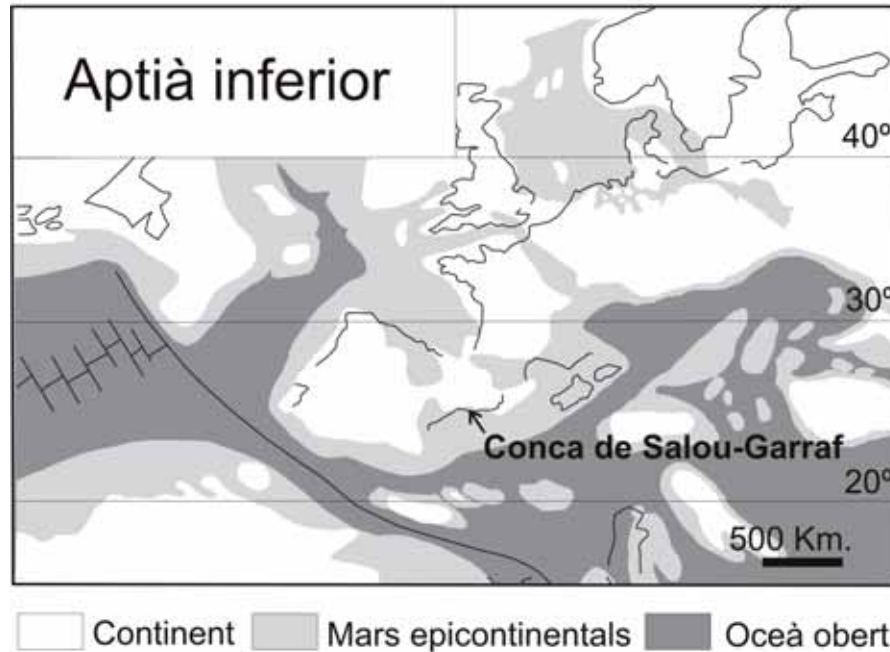


Figura 8. Conca de Salou-Garraf durant l'Aptià inferior, modificat de Masse *et al.* 2000

En el marc de la present tesi la primera aportació va ser Moreno, 2007 (Annex 2) on es presenta una biostratigrafia preliminar per a l'Aptià d'aquesta conca. En un altre treball Moreno Bedmar, 2007a (Annex 2) mostra dades sobre la segona biozona de l'Aptià d'aquesta conca, juntament amb altres conques de la península Ibèrica. El mateix any Moreno Bedmar, 2007b realitza una discussió taxonòmica sobre diverses espècies del gènere *Deshayesites* (Annex 2). Salas i Moreno, 2008 (Annex 3) presenten un informe per a l'Institut Geològic de Catalunya amb la biostratigrafia actualitzada dels ammonits aptians d'aquesta conca. Moreno-Bedmar *et al.*, 2009a (Annex 2) donen a conèixer un estudi biostratigràfic detallat sobre la secció de Can Casanyes. Finalment Moreno-Bedmar i García, 2009 (Annex 2) exposen un treball biostratigràfic sobre la secció del Fondo de la Berra.

6. La Conca Basco-Cantàbrica

La Conca Basco-Cantàbrica se situa al Nord de la península Ibèrica (figura 9) i comprèn terres de Navarra, el País Basc i Cantàbria.

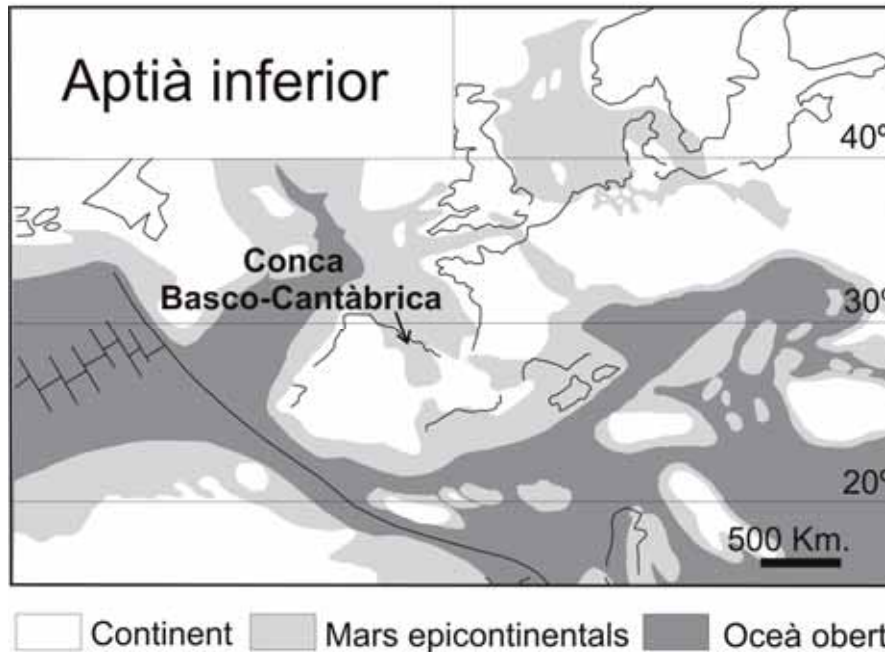


Figura 9. Conca Basco-Cantàbrica durant l'Aptià inferior, modificat de Masse *et al.* 2000

El treball sobre aquesta àrea s'ha fonamentat en dues col·laboracions. A Navarra s'ha treballat amb la doctoranda Tatiana Gaona-Narvaez, de la Florida International University, en l'estudi de la secció de Madotz. L'OAE 1a ha estat recentment caracteritzat en aquesta secció per Gaona-Narvaez *et al.* 2008 i Gaona-Narvaez *et al.* 2009a (Annex 3). En el marc de la present tesi s'ha realitzat l'anàlisi biostratigràfica dels ammonits de la secció de Madotz –vegi's en 8.4.1– i el calibratge de l'edat de l'OAE 1a Gaona-Narvaez *et al.* 2009a (Annex 3).

A Cantàbria s'ha col·laborat amb la candidata al doctorat María Najarro, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), en l'estudi dels ammonits de l'única secció que conté ammonits de la Plataforma de la Florida, la secció de Cuchía. L'OAE 1a ha estat recentment caracteritzat a la Plataforma de la Florida per aquesta candidata al doctorat, Najarro *et al.* 2007a-b i Najarro i Rosales, 2008a-b. En el context de l'actual tesi s'ha realitzat l'estudi

biostratigràfic dels ammonits de la secció de Cuchía –vegi's el punt 8.4.2– i el calibratge de l'edat de l'OAE 1a amb ammonits a Rosales *et al.* 2009 (Annex 3).

7. La Conca d'Organyà

La Conca d'Organyà es troba al Nord-Est de la península Ibèrica (figura 10) a Catalunya, Lleida.

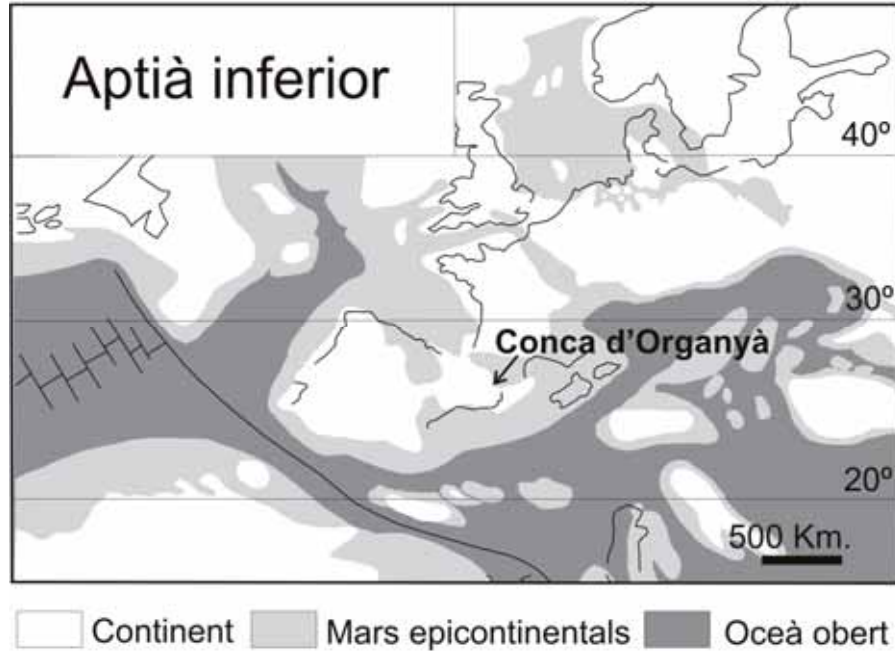


Figura 10. Conca d'Organyà durant l'Aptià inferior, modificat de Masse *et al.* 2000

Aquesta conca s'estudia en un únic treball, Moreno Bedmar, 2007a (Annex 2) on es presenten dades sobre la segona biozona de l'Aptià de la Conca d'Organyà i d'altres conques de la península Ibèrica. Recentment s'han realitzat dues seccions en aquesta conca, Borda de la Torre i Cabó, sobre les que s'ha realitzat l'anàlisi biostratigràfica dels ammonits del Barremià superior i l'Aptià inferior, vegi's el punt 8.5.

8. Resultats per a cada àrea estudiada

8.1. La Conca del Maestrat

8.1.1 Biostratigrafia

S'han reconegut totes les biozones d'ammonits de l'Aptià inferior: *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*. Aquestes biozones es corresponen a les proposades per Reboulet *et al.* 2009 per a la província faunística mediterrània excepte la segona biozona, *Deshayesites weissii*; al següent capítol, punt 9, es discutirà aquesta diferència. S'ha identificat l'única subzona present a la biozonació de Reboulet *et al.* 2009, *Deshayesites grandis*. Al seu torn s'ha establert un horitzó *Roloboceras hambrovi* i dues subzones més: *Dufrenoyia furcata* i *Dufrenoyia dufrenoyi* (figura 11); així doncs, la biozonació regional per a la Conca del Maestrat és més precisa que la zonació mediterrània estàndard (figura 11). La biozonació proposada per a la Conca del Maestrat es pot correlacionar directament amb la mediterrània estàndard i també amb la biozonació boreal. Això es deu al fet que la biozona *Deshayesites forbesi*, adoptada a la Conca del Maestrat, és la biozona utilitzada a la biozonació boreal.

Biozonació mediterrània Reboulet <i>et al.</i> (2009)		Biozonació proposada per a la Conca del Maestrat		Biozonació boreal Casey (1961a)
Zones	Subzones	Zones	Subzones i horitzons	Zones
<i>Dufrenoyia furcata</i>		<i>Dufrenoyia furcata</i>	<i>Dufrenoyia dufrenoyi</i> <i>D. furcata</i>	<i>Tropaeum bowerbanky</i>
<i>Deshayesi deshayesi</i>	<i>Deshayesites grandis</i>	<i>Deshayesi deshayesi</i>	<i>Deshayesites grandis</i>	<i>Deshayesi deshayesi</i>
<i>Deshayesites weissii</i>		<i>Deshayesites forbesi</i> ?	<i>Roloboceras hambrovi</i>	<i>Deshayesites forbesi</i>
<i>Deshayesites oglanlensis</i>		<i>Deshayesites oglanlensis</i>		<i>Prodeshayesites fissicostatus</i>

Figura 11. Biozonació mediterrània estàndard i boreal versus la biozonació per la Conca del Maestrat

Recentment s'ha trobat un ammonit a la part baixa de la Formació Benassal, a la subconca de Galve, a un parell de quilòmetres de Villarroya de los Pinares. Aquest ammonit és determinable com a *Dufrenoyia* sp. (figura 12) i, per tant, assignable a la darrera biozona de l'Aptià inferior *Dufrenoyia furcata*. Sembla ser, doncs, que la Formació Benassal –si més no en algunes zones més subsidents, com és el cas de la localitat de Villarroya de los Pinares, on es produeix un canvi lateral de fàcies; de relativament somes, Fm. Villarroya, cap a fàcies més profundes, Fm. Benassal– pot incloure la part alta de l'Aptià inferior. Aquesta nova dada contrasta amb la hipòtesi inicial que la Formació Benassal era sempre d'edat Aptià mitjà-superior (Bover-Arnal *et al.* 2009, Moreno-Bedmar *et al.* 2009, Moreno-Bedmar *et al.* en premsa, Moreno-Bedmar *et al.* 2009b).



Figura 12. *Dufrenoyia* sp., exemplar VP-A6

8.1.2 Cronostratigrafia

Les contribucions biostratigràfiques realitzades han permès precisar les edats de les unitats estratigràfiques d'aquesta conca. En la Formació Xert s'ha

pogut identificar la primera biozona de l’Aptià inferior *Deshayesites oglanlensis pro parte*. A la part baixa de la formació immediatament superior, Margues del Forcall –Membre Cap de Vinyet– s’ha reconegut la part alta d’aquesta biozona. A la part mitjana de la formació –part alta del Membre Cap de Vinyet, el Membre Barra de Morella i la part baixa del Membre Morella la Vella– s’ha identificat la biozona *Deshayesites forbesi*. A la part alta de la Formació Margues del Forcall –part mitjana-alta del Membre de Morella la Vella– s’ha identificat les biozones *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata pro parte*. A la part inferior de la formació Villarroya de los Pinares s’ha reconegut també la biozona *Dufrenoyia furcata*, concretament la part mitjana-alta. Finalment a la part baixa de la Formació Benassal s’ha identificat la part alta de la biozona *Dufrenoyia furcata*.

Tal com s’exposava al punt 1.4, l’estratigrafia de la Conca del Maestrat ofereix una complexitat considerable al poder-se dividir en set subconques que presenten contextos paleogeogràfics diferenciats amb relacions tectonosedimentàries també diferents. La Formació Margues del Forcall passa lateralment a una formació més costanera sense registre d’ammonits, excepte en la seva base, la Formació Villarroya de los Pinares. El límit entre les dues formacions és diacrònic i varia depenent de la subconca. A la figura 13 es mostren de forma gràfica i esquematitzada tots aquests canvis a les diferents subconques.

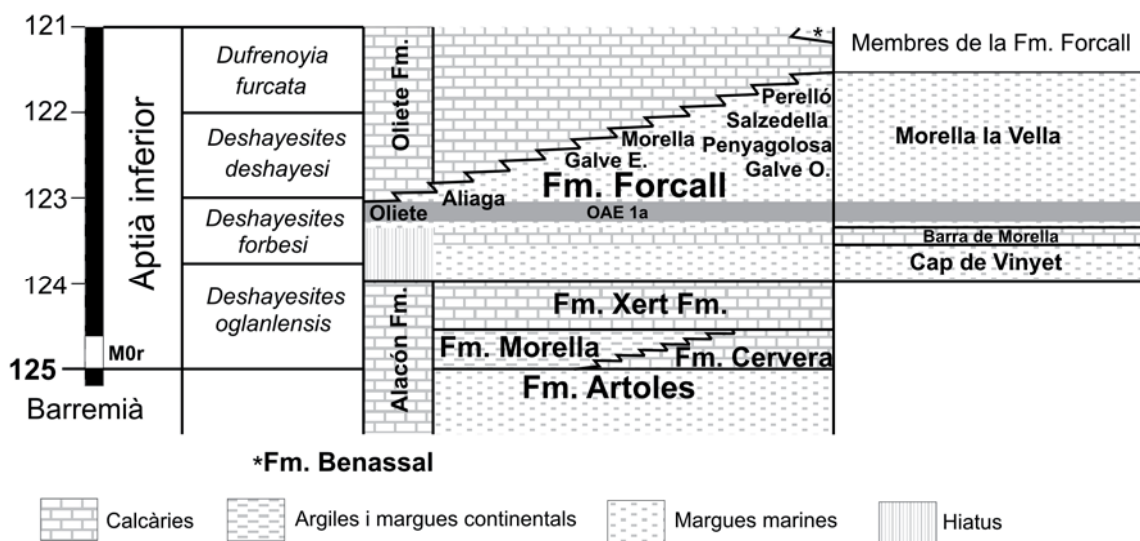


Figura 13. Estratigrafia de l’Aptià inferior de la Conca del Maestrat i de les seves subconques

8.1.3 Estratigrafia isotòpica

Mitjançant els isòtops estables de $\delta^{13}\text{C}$ i emprant els segments de Menegatti *et al.* 1998 s'ha caracteritzat l'OAE 1a per primera vegada a la Conca del Maestrat, a la part mitja de la Formació Margues del Forcall; més concretament l'OAE 1a es troba a la part baixa del Membre Morella la Vella (figura 13). S'ha calibrat l'edat amb ammonits atribuïnt-se a la part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, horitzó *Roloboceras hambrovi*.

8.2. Domini Prebètic

8.2.1 Biostratigrafia

També s'han reconegut totes les biozones d'ammonits de l'Aptià inferior: *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata* i les subzones/horitzons *Roloboceras hambrovi*, *Deshayesites grandis*, *Dufrenoyia furcata* i *Dufrenoyia dufrenoyi*. Aquesta successió és la mateixa reconeguda a la Conca del Maestrat, això posa de manifest com la biozonació proposada a la Conca del Maestrat és utilitzable en altres àrees.

8.2.2 Cronostratigrafia

Els resultats cronostratigràfics obtinguts (figura 14) no són molt remacables, ja que en aquest cas els ammonits es troben únicament a la Formació Almadich i l'edat d'aquesta formació era relativament ben coneguda amb anterioritat, vegi's per exemple a la tesi doctoral de Castro (1998).

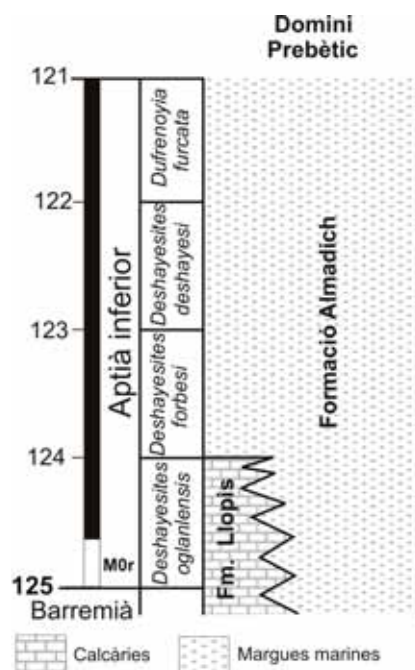


Figura 14. Estratigrafia del Domini Prebètic

8.2.3 Estratigrafia isotòpica

En una de les seccions estudiades (Racó Ample) es caracteritza l'OAE 1a mitjançant isòtops estables de Carboni, $\delta^{13}\text{C}$. El reconeixement de l'OAE 1a a

la secció del Racó Ample i en la del Cau –l'OAE 1a a la secció del Cau va ser caracteritzat per Gea *et al.* 2003– ha permès dur a terme un nou calibratge de l'OAE 1a mitjançant el registre d'ammonits. El resultat obtingut és el mateix que a la Conca del Maestrat, part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, horitzó *Roloboceras hambrovi*.

A part de la caracterització de l'OAE 1a s'ha realitzat un calibratge biostratigràfic detallat dels segments de Menegatti *et al.* 1998 des del C2 fins al C8. És destacable el fet que al segment C7 s'ha caracteritzat una petita, però ben marcada, excursió negativa a prop de la base de la biozona *Dufrenoyia furcata*. Aquesta excursió en la mateixa posició biostratigràfica ha estat també reconeguda a França, vegi's **Moreno-Bedmar et al. en revisió**.

8.3. Conca de Salou-Garra

8.3.1 Biostratigrafia

El registre d'ammonits d'aquesta conca és força escàs. Tanmateix, s'ha arribat a reconèixer fins a tres biozones d'ammonits de l'Aptià inferior: *Deshayesites weissi*, *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*. S'ha identificat una subzona boreal *Cheloniceras meyendorffi* a la part alta de la biozona *Dufrenoyia furcata* (figura 15).

Biozonació proposada per a la Conca de Salou-Garra		Biozonació Boreal Casey (1961a)	
Zones	Subzones i horitzons	Zones	
<i>Dufrenoyia furcata</i>	<i>Cheloniceras meyendorffi</i>	<i>Tropaeum bowerbanky</i>	<i>Cheloniceras meyendorffi</i>
			<i>Dufrenoyia transitoria</i>
<i>Deshayesi deshayesi</i>		<i>Deshayesi deshayesi</i>	<i>Deshayesites grandis</i>
			<i>Cheloniceras parinodum</i>
<i>Deshayesites weissi</i>		<i>Deshayesites forbesi</i>	<i>D. callidiscus</i>
			<i>D. kiliani</i>
			<i>D. fittoni</i>

Figura 15. Biozonació regional per a la Conca de Salou-Garra *versus* la biozonació boreal

8.3.2 Cronostratigrafia

El treball realitzat sobre aquesta conca ha permès establir amb detall l'edat de dues unitats, les Margues de Vallcarca i les Calcàries del Farreny, vegi's figura 16. Sembla probable que la part baixa d'aquestes dues unitats incloguin la part alta de la biozona *Deshayesites oglanlensis*, però fins al moment això no ha pogut ser confirmat.

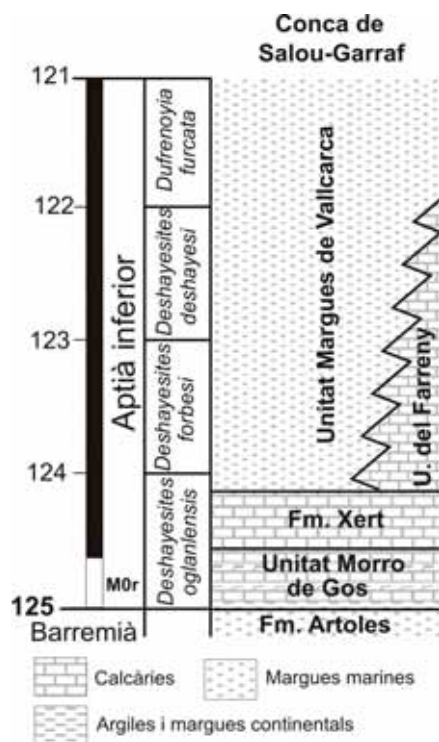


Figura 16. Estratigrafia de la Conca de Salou-Garraf

8.4. Conca Basco-Cantàbrica

8.4.1 Sector Basc

8.4.1.1 Biostratigrafia

S'ha estudiat una secció, Madotz, que es troba al sector navarrès de la Sierra de Aralar, concretament a la localitat homònima. Per descriure la successió estratigràfica ens referirem a tres de les unitats utilitzades per Duvernois *et al.*, 1972 en aquesta secció. La unitat 1 és un paquet de margues que es presenta generalment cobert pràcticament en tota la seva totalitat. Per sobre es troba la unitat 2a, que és un paquet de calcàries, *pakstone-wakestone*, amb coralls, equinoderms, bivalves i esponges, entre d'altres, d'uns 20 metres de potència. Per damunt d'aquestes calcàries es localitza una unitat predominantment margosa, d'una vintena de metres de potència, la unitat 2b. Aquesta unitat es correspon amb l'OAE 1a (Gaona-Narvaez *et al.* 2008 i Gaona-Narvaez *et al.* 2009 a-b).

El mostreig dut a terme en aquesta secció ha permès recol·lectar ammonits en la part alta de la unitat 1 i en tres nivells dins de la unitat 2b. En tots els casos la fauna és fragmentària i es troba pobrament conservada.

A la unitat 1 s'ha reconegut *Deshayesites cf. forbesi* Casey i *Pseudohaploceras? sp.*, figura 17. La presència de *Deshayesites cf. forbesi* permet atribuir la part alta de la unitat 1a a la biozona *Deshayesites forbesi*, tal com va ser caracteritzada per **Moreno-Bedmar *et. al.* en premsa.**

A la unitat 2b s'ha reconegut: *Deshayesites cf. forbesi* Casey, *Deshayesites sp.*, *Pseudosaynella bicurvata* (Michelin) i *Pseudosaynella undulata* (Sarsin) figura 17.

La presència de *Deshayesites cf. forbesi* permet assignar la unitat 2b a la biozona *Deshayesites forbesi*, més concretament a la part alta d'aquesta biozona, ja que les primeres espècies del gènere *Pseudosaynella* apareixen a la part mitjana-alta d'aquesta biozona Casey, 1961a, Moreno-Bedmar *et. al.* en premsa i Grauges *et al.* en revisió.

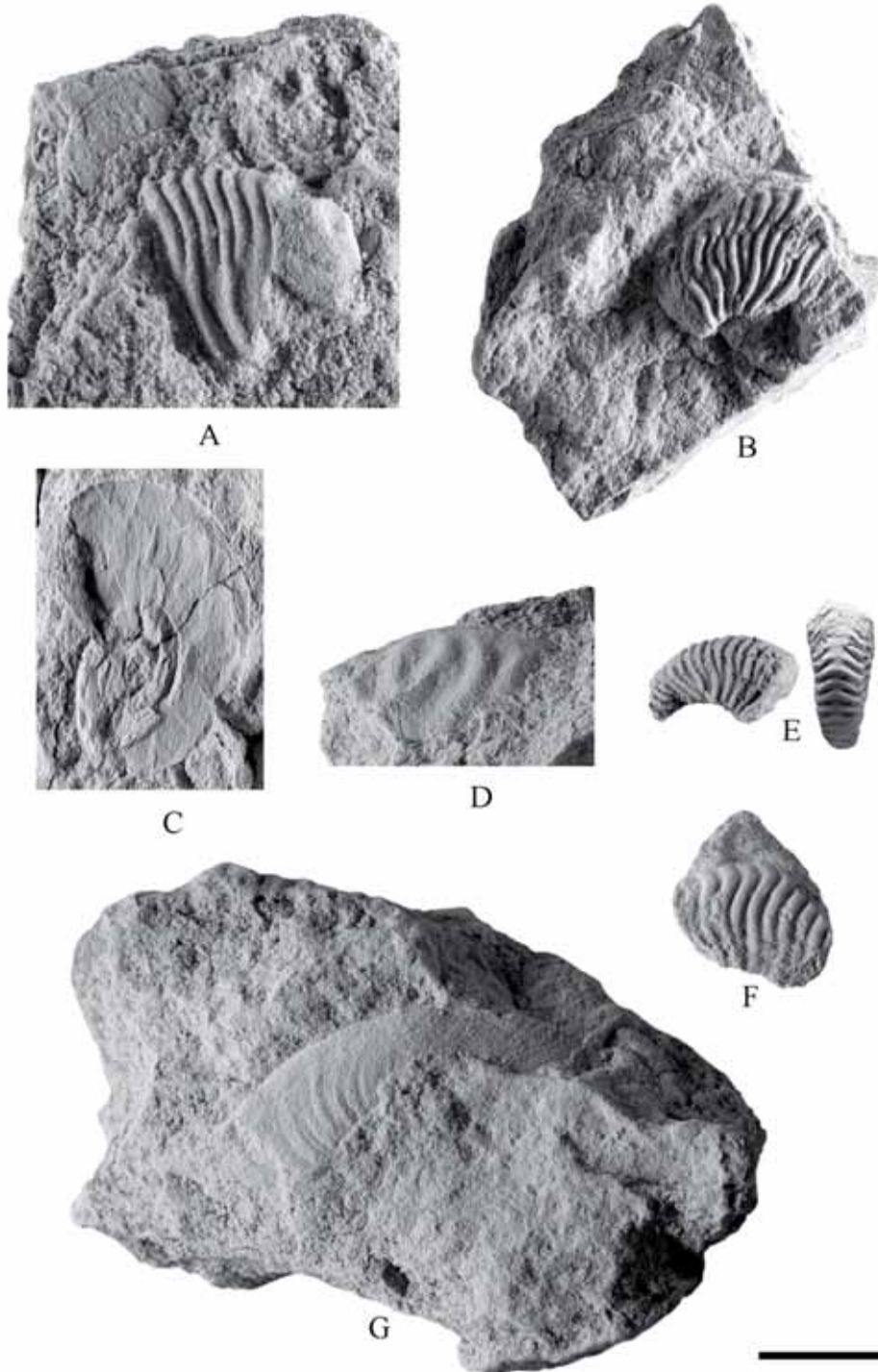


Figura 17. Ammonits de la secció de Madotz

A: *Deshayesites* cf. *forbesi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68567, biozona *Deshayesites forbesi* part alta de la unitat 1. **B:** *Deshayesites* cf. *forbesi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68570; part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, unitat 2b. **C:** *Pseudosaynella bicurvata* vista lateral de l'exemplar PUAB 68574; part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, unitat 2b. **D:** *Pseudosaynella undulata* vista lateral de l'exemplar PUAB 68565; part

mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, unitat 2b. **E:** *Deshayesites* sp. vista lateral i ventral de l'exemplar PUAB 68572; part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, unitat 2b. **F:** *Deshayesites* cf. *forbesi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68571; biozona *Deshayesites forbesi* part alta de la unitat 1. **G:** *Pseudosaynella bicurvata* vista lateral de l'exemplar PUAB 68568; part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, unitat 2b. Escala gràfica 1cm.

8.4.1.2 Cronostratigrafia

Les unitats 1, 2a i 2b es corresponen a la Formació Errenaga establint-se l'edat per a la part alta de la Unitat 1 i la 2b, que pertanyen a la biozona *Deshayesites forbesi*. Per sobre apareixen una alternança de margues i calcàries que es va tornant progressivament més calcària. Aquesta unitat, que va ser anomenada com 2c o Barra de Madoz per Duvernois *et al.*, 1972, es correspon a la Formació Sarastarri (figura 18).

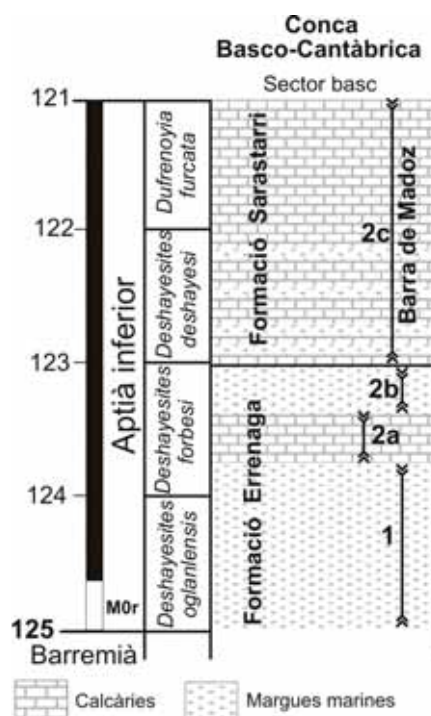


Figura 18. Estratigrafia del sector Basc de la Conca Basco-Cantàbrica

8.4.1.3 Estratigrafia isotòpica

La doctoranda Tatiana Gaona-Narvaez va caracteritzar que la unitat 2b es correspon a l'OAE 1a (Gaona-Narvaez *et al.* 2008), tal com s'ha comentat amb anterioritat al punt 5. L'OAE 1a a la secció de Madotz és atribuïble a la part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, s'obté el mateix resultat que a la Conca del Maestrat i al Domini Prebètic.

8.4.2 Sector Cantàbric

8.4.2.1 Biostratigrafia

Els ammonits piritosos de la secció de Cuchía van ser estudiats per primera vegada per Mengaud, 1920 a la seva tesi doctoral. Seguidament Rat, 1959 a la seva tesi cita també ammonits d'aquesta secció. Posteriorment Collignon *et al.*, 1979 realitzen un treball on estudien amb detall els ammonits d'aquesta secció, establint els dos horitzons que contenen ammonits. Finalment Wilmsen, 2005 es limita a prendre com a vàlides les dades de Collignon *et al.*, 1979 i les reproduceix parcialment, alhora que denomina els dos horitzons amb ammonits com a Cu 1 i Cu 2, terminologia que s'emprarà a continuació.

A la secció de Cuchía s'han pogut reconèixer els dos nivells amb ammonits a la part baixa de la Formació Patrocinio. Al Cu 1 s'ha reconegut: *Deshayesites* cf. *forbesi* Casey, *Deshayesites* sp. cf. *callidiscus* Casey, *Pseudohaploceras liptoviensis* (Zeuschner), *Pseudosaynella undulata* (Sarasin), *Toxoceratoides* sp. i *Roloboceras* cf. *hambrovi* (Forbes), figura 19. Al Cu 2 s'ha recol·lectat: *Deshayesites* cf. *forbesi* Casey, *Deshayesites* cf. *consobrinus* (d'Orbigny), *Deshayesites planus* Casey, *Pseudosaynella bicurvata* (Michelin), *Toxoceratoides* sp., *Roloboceras hambrovi* (Forbes) i *Roloboceras* sp., juntament amb el nautilid *Heminautilus saxbii* (Morris), figura 19. També s'ha trobat un exemplar rodat, probablement de la part alta de la Formació Patrocinio, de *Heminautilus saxbii* (Morris).

Les associacions d'ammonits de la secció de Cuchía són fortament diagnòstiques des d'un punt de vista biostratigràfic. *Deshayesites* cf. *forbesi*, *Deshayesites* sp. cf. *callidiscus*, *Deshayesites* cf. *consobrinus* i *Deshayesites planus* permeten atribuir tant el Cu 1 com el Cu 2 a la biozona *Deshayesites forbesi*, més concretament a la part mitjana-alta d'aquesta biozona. Les primeres espècies del gènere *Pseudosaynella* apareixen a la part mitjana-alta d'aquesta biozona, tal com s'ha comentat anteriorment a la secció de Madotz. Resulta també remarcable la presència de *Roloboceras hambrovi* als dos nivells que permeten assignar el Cu 1 i el Cu 2 a l'horitzó de *Roloboceras hambrovi*, la posició d'aquest horitzó es correspon a la part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*. Fins i tot els nautilids presents a la secció de Cuchía semblen tenir valor biostratigràfic, ja que l'espècie *Heminautilus saxbii*

sembla estar limitada també a la part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, Casey, 1961a. En efecte, aquesta espècie durant la realització de la present tesi doctoral ha estat sempre reconeguda en l'horitzó de *Roloboceras hambrovi*, i és molt abundant a la subconca d'Oliete (Martínez i Grauges, 2006), on el registre d'ammonits de l'Aptià inferior es limita a l'horitzó de *Roloboceras hambrovi*. A la secció de Cuchía sembla que el registre d'ammonits es restringeix també a aquest horitzó, ja que la troballa d'un *Heminautilus saxbii*, procedent, probablement, de la part alta de la Formació Patrocinio, permet atribuir aquesta part de la formació encara a l'horitzó de *Roloboceras hambrovi*.

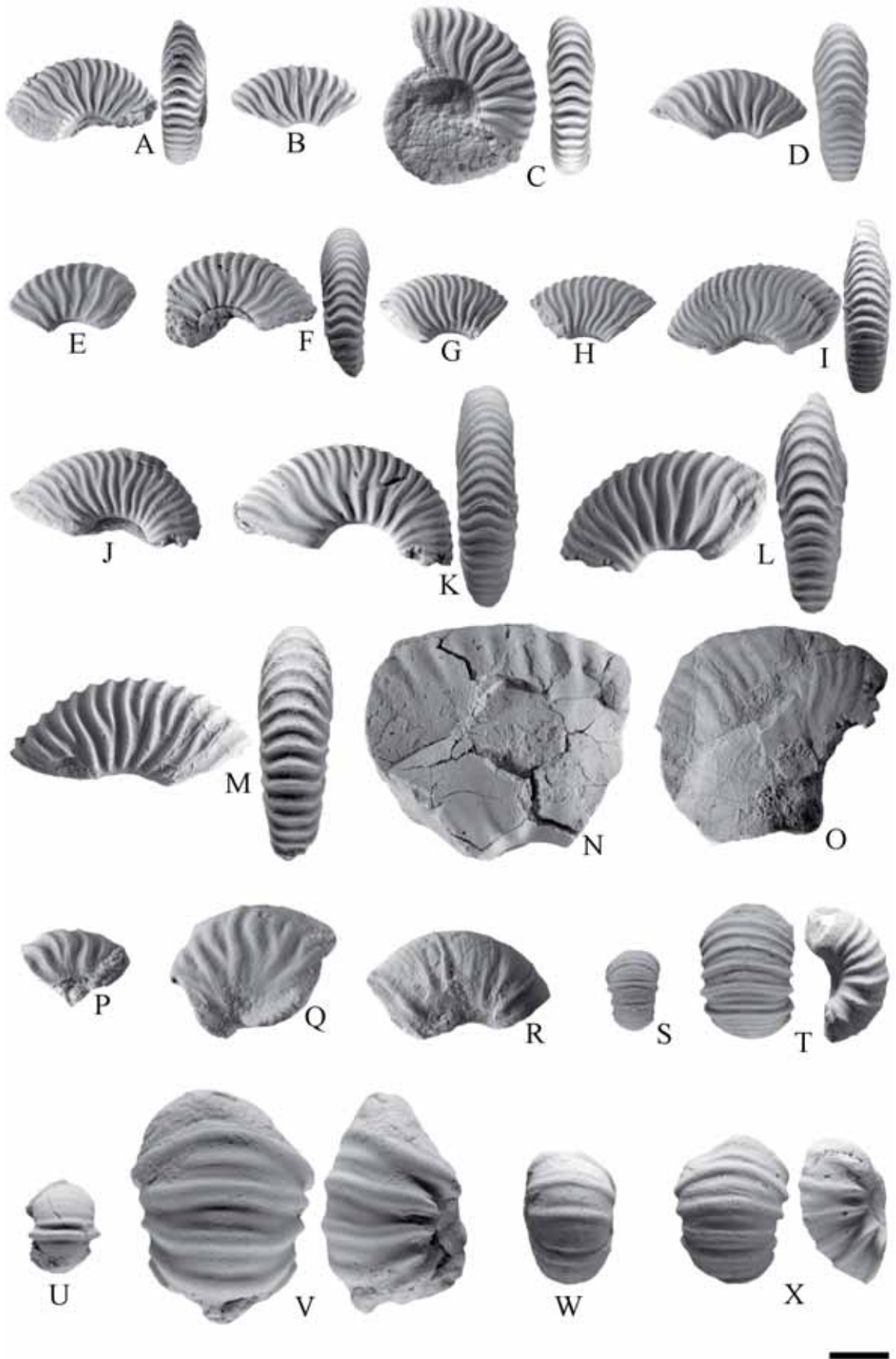


Figura 19. Ammonits de la secció de Cuchía

A: *Deshayesites* cf. *forbesi* vista lateral i ventral de l'exemplar MGSB 18730-3, biozona *Deshayesites forbesi*. **B:** *Deshayesites* cf. *forbesi* vista lateral de l'exemplar MGSB 1870-2 biozona *Deshayesites forbesi*. **C:** *Deshayesites* cf. *forbesi* vista lateral i ventral de l'exemplar MGSB 18730-1 biozona *Deshayesites forbesi*. **D:** *Deshayesites* cf. *forbesi* vista lateral i ventral de l'exemplar, PUAB 68536, Cu 1, biozona *Deshayesites forbesi*. **E:** *Deshayesites* cf. *forbesi*, vista lateral i ventral de l'exemplar PUAB 68533, Cu 1, biozona *Deshayesites forbesi*. **F:** *Deshayesites* cf. *forbesi*, vista lateral i ventral de l'exemplar PUAB 68545, Cu 1, biozona *Deshayesites forbesi*. **G:** *Deshayesites planus* vista lateral de l'exemplar PUAB 68554, Cu 2, biozona *Deshayesites forbesi*. **H:** *Deshayesites planus* vista lateral de l'exemplar PUAB 68555, Cu 2, biozona *Deshayesites forbesi*. **I:** *Deshayesites planus* vista lateral i ventral de l'exemplar PUAB 68557, Cu 2, biozona *Deshayesites forbesi*. **J:** *Deshayesites planus* vista lateral de l'exemplar PUAB 68559, Cu 2, biozona *Deshayesites forbesi*. **K:** *Deshayesites* cf. *forbesi* vista lateral i ventral de l'exemplar PUAB 68562, Cu 2, biozona *Deshayesites forbesi*. **L:** *Deshayesites* cf. *consobrinus* vista lateral i ventral de l'exemplar PUAB 68561, Cu 2, biozona *Deshayesites forbesi*. **M:** *Deshayesites* cf. *consobrinus* vista lateral i ventral de l'exemplar PUAB 68563, Cu 2, biozona *Deshayesites forbesi*. **N:** *Deshayesites* sp. cf. *callidiscus* vista lateral de l'exemplar MGSB 18730-4, biozona *Deshayesites forbesi*. **O:** *Pseudosaynella bicurvata* vista lateral de l'exemplar PUAB 68564, Cu 2, biozona *Deshayesites forbesi*. **P:** *Pseudosaynella undulata* vista lateral de l'exemplar PUAB 68538, Cu 1, biozona *Deshayesites forbesi*. **Q:** *Pseudosaynella undulata* vista lateral de l'exemplar MGSB 18730-5, biozona *Deshayesites forbesi*. **R:** *Pseudohaploceras liptoviensis* vista lateral de l'exemplar PUAB 68534 Cu 1, biozona *Deshayesites forbesi*. **S:** *Roloboceras* sp. vista ventral de l'exemplar PUAB 68542, Cu 1, biozona *Deshayesites forbesi*. **T:** *Roloboceras* sp. vista lateral i ventral de l'exemplar PUAB 68552, Cu 2, biozona *Deshayesites forbesi*. **U:** *Roloboceras* sp. vista ventral de l'exemplar PUAB 68532, Cu 1, biozona *Deshayesites forbesi*. **V:** *Roloboceras* sp., vista lateral i ventral de l'exemplar MGSB 78706, biozona *Deshayesites forbesi*. **W:** *Roloboceras* sp., vista ventral de l'exemplar MGM 10807C, biozona *Deshayesites forbesi*. **X:** *Roloboceras hambrovi*, vista lateral i ventral de l'exemplar MGM 10809C, biozona *Deshayesites forbesi*. Escala gràfica 1 cm.

8.4.2.1 Cronostratigrafia

El registre d'ammonits a la Plataforma de la Florida es limita a la Formació Patrocinio i a una única secció, la de Cuchía. L'edat d'aquesta formació és part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi* (figura 20).

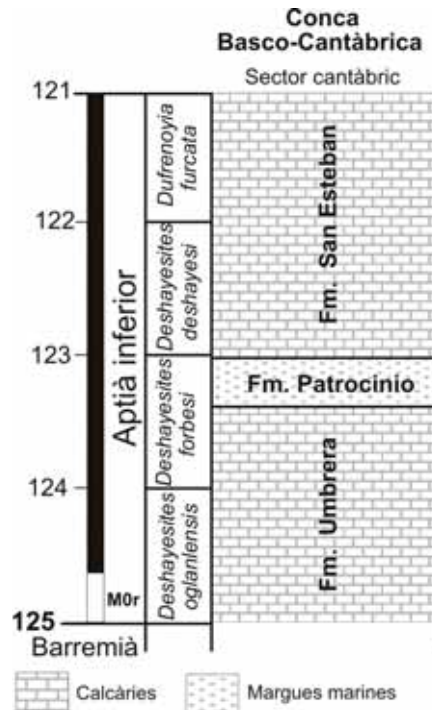


Figura 20. Estratigrafia del sector cantàbric de la Conca Basco-Cantàbrica

8.4.2.1 Estratigrafia isotòpica

Tota la Formació Patrocinio es correspon a l'OAE 1a Najarro *et al.* 2007, Najarro i Rosales, 2008a i b i Rosales *et al.* 2009, ja que es considera l'OAE 1a equivalent als intervals de Menegatti C3-C6, ambdós inclosos. Aquesta formació sembla que es correspon en la seva totalitat a l'horitzó de *Roloboceras hambrovi* d'edat part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*. El resultat obtingut a la secció de Cuchía coincideix amb l'obtingut a la Conca del Maestrat, en el Domini Prebètic i en el sector basc d'aquesta mateixa conca.

8.5. Conca d'Organyà

8.5.1. Biostratigrafia

Els ammonits d'aquestes seccions i afloraments han estat estudiats amb anterioritat en major o menor mesura per diversos autors: Dalloni, 1930; Rosell, 1967; Garrido Megías, 1973; Peybernès i Souquet, 1973; Peybernès, 1976; Martínez, 1982 i Bernaus, 1995. L'addició de la informació presentada per aquests autors permet identificar ammonits de l'Aptià inferior de dues biozones: *Deshayesites forbesi* i *Deshayesites deshayesi*.

Al treball realitzat recentment s'ha estudiat dues seccions: Borda de la Torre i Cabó. A la secció de la Borda de la Torre –figura 21– s'ha identificat la part alta de la biozona *Deshayesites oglanlensis*, subzona *Deshayesites luppovi*, la biozona *Deshayesites forbesi* i finalment *Deshayesites deshayesi*. A la secció de Cabó –figura 22– s'ha identificat la presència d'ammonits del Barremià superior, part alta de la biozona *Imerites giraudi*, subzona *Pseudocrioceras waagenoides*. Per sobre s'ha identificat la biozona *Deshayesites oglanlensis* i a la part alta de la mateixa, la subzona *Deshayesites luppovi* i seguidament la biozona *Deshayesites forbesi*. Gràcies al mostreig sistemàtic banc per banc –emprat metòdicament en la realització d'aquesta tesi– s'ha reconegut per primera vegada en aquesta conca el registre d'ammonits de la part alta del Barremià superior i de la primera biozona de l'Aptià inferior.

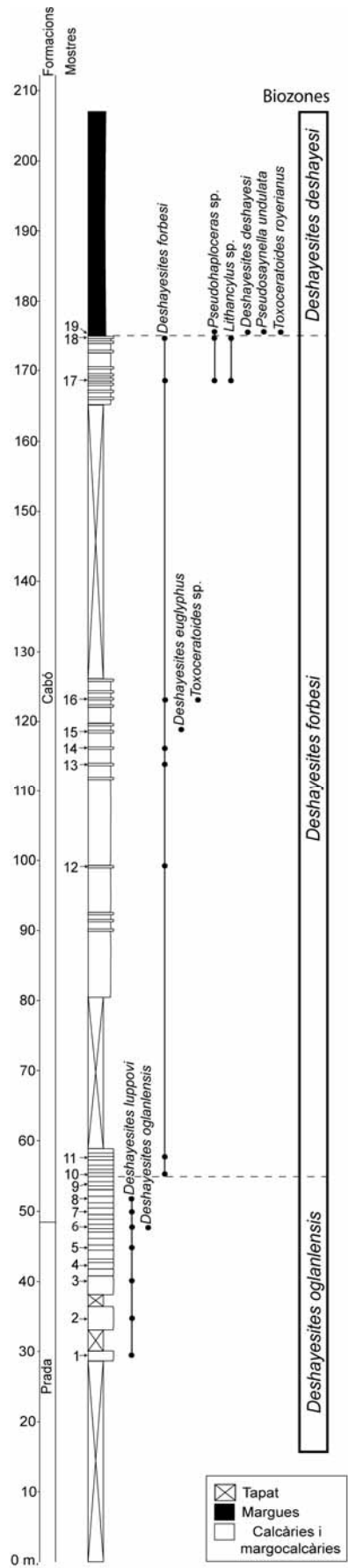


Figura 21. Secció de la Borda de la Torre

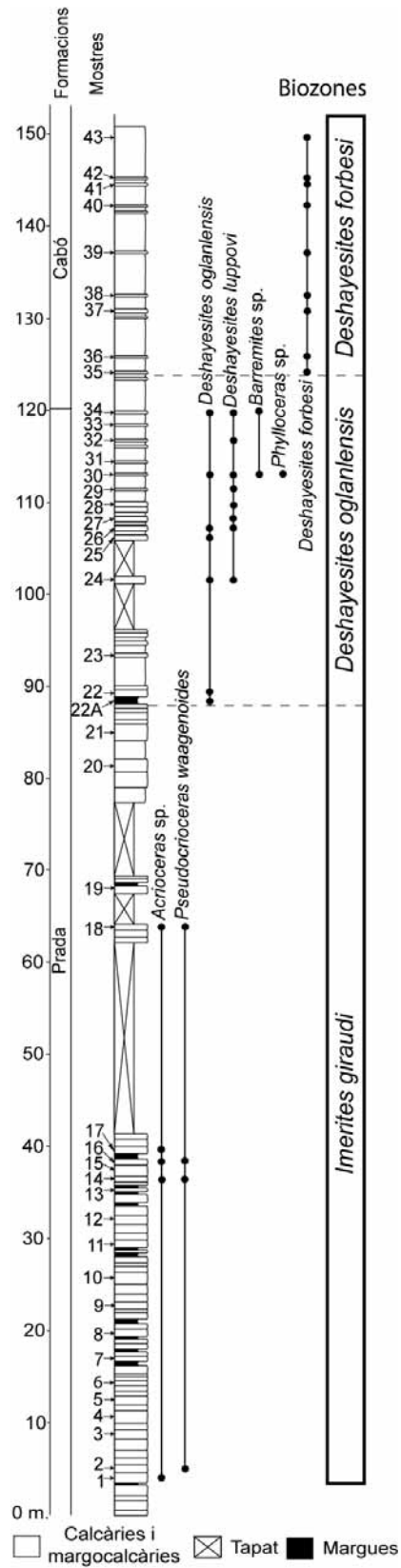


Figura 22. Secció de Cabó

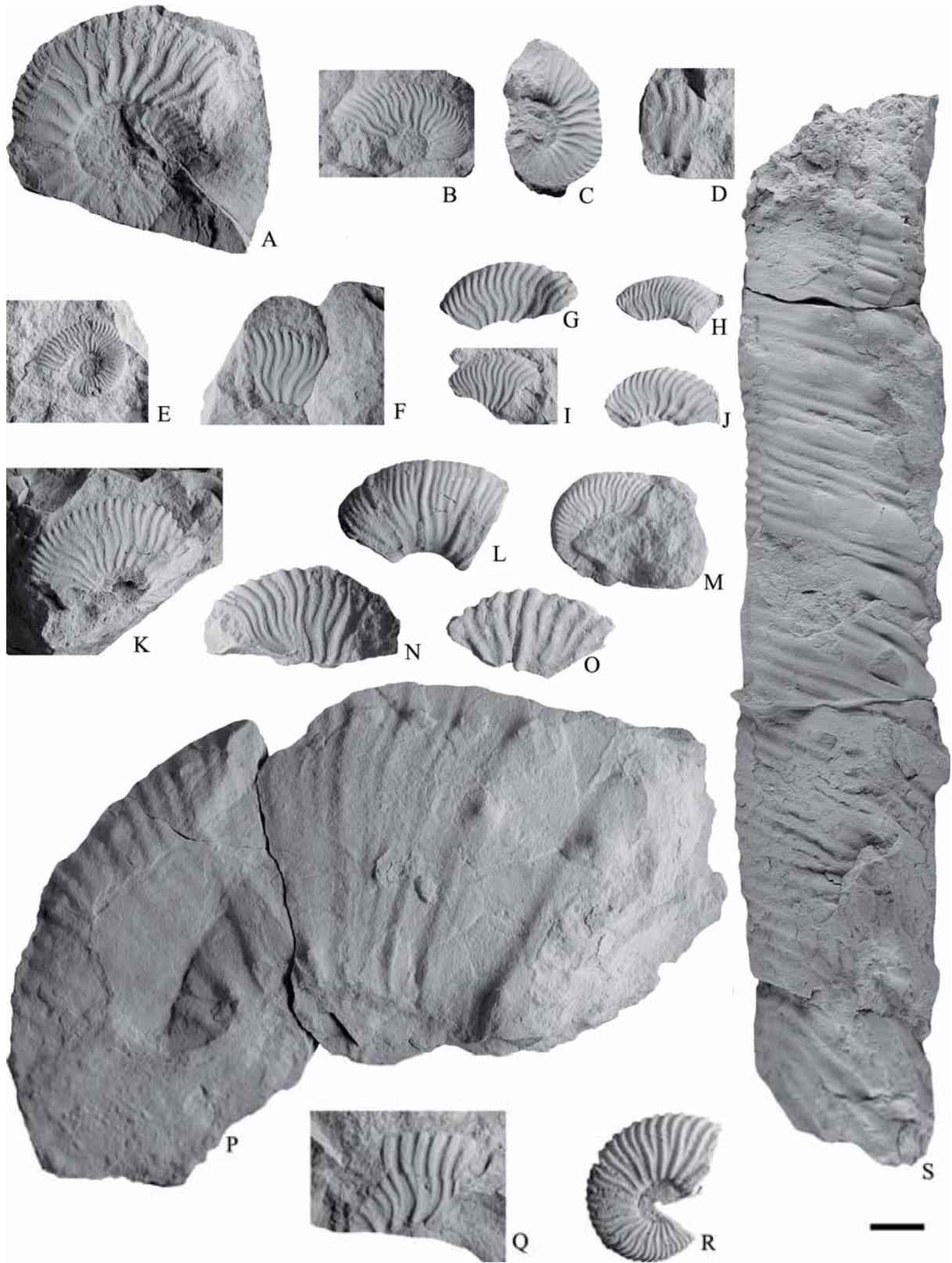


Figura 23. Ammonits de les seccions de la Borda de la Torre i de Cabó

A: *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68748, mostra OrCv-1, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **B:** *Deshayesites forbesi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68805, mostra OrCv-10, biozona *Deshayesites forbesi*. **C:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68787, mostra OrCv-7, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **D:** *Deshayesites oglanlensis* vista lateral

de l'exemplar PUAB 68766, mostra OrCv-6, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **E:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68765, mostra OrCv-6, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **F:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68755, mostra OrCv-5, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **G:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68783, mostra OrCv-7, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **H:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68758, mostra OrCv-6, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **I:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68771, mostra OrCv-6, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **J:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68781, mostra OrCv-7, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **K:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68777, mostra OrCv-3, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **L:** *Pseudohaploceras* sp. vista lateral de l'exemplar PUAB 68737, mostra OrCv-17, biozona *Deshayesites forbesi*. **M:** *Deshayesites forbesi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68804, mostra OrCv-10, biozona *Deshayesites forbesi*. **N:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68780, mostra OrCv-3, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **O:** *Deshayesites euglyphus* vista lateral de l'exemplar PUAB 68829, mostra OrCv-15, biozona *Deshayesites forbesi*. **P:** *Pseudocrioceras waagenoides* vista lateral de l'exemplar PUAB 68889, mostra OrCB-15, biozona *Imerites giraudi*. **Q:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68751, mostra OrCv-2, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **R:** *Deshayesites deshaysi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68742, mostra OrCv-19, biozona *Deshayesites deshaysi*. **S:** *Lithancylus* sp. vista lateral de l'exemplar PUAB 68733, mostra OrCv-17, biozona *Deshayesites forbesi*. Escala gràfica 1 cm.



Figura 24. Ammonit heteromorf de la secció de la Borda de la Torre

A: *Lithancylus* sp. vista lateral de l'exemplar PUAB 68873, mostra OrCv-18, biozona *Deshayesites forbesi*. Escala gràfica 1 cm.

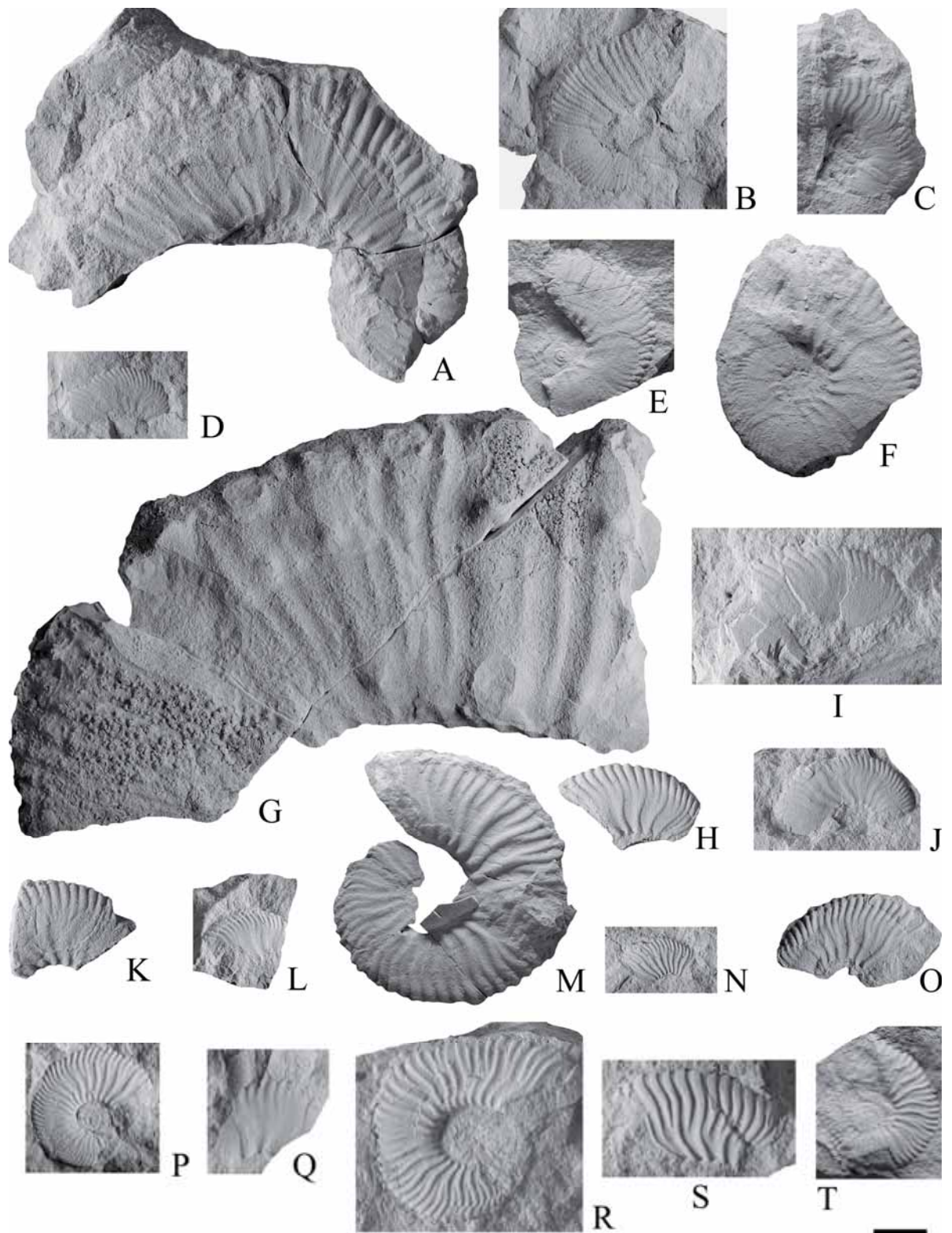


Figura 25. Ammonits de la secció de Cabó

A: *Pseudocrioceras waagenoides* vista lateral de l'exemplar PUAB 68876, mostra OrCB-14, biozona *Imerites giraudi*. **B:** *Acrioceras* sp. vista lateral de l'exemplar PUAB 68880, mostra OrCB-15, biozona *Imerites giraudi*. **C:** *Deshayesites oglanlensis* vista lateral de l'exemplar PUAB 68901, mostra OrCB-22, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **D:** *Deshayesites oglanlensis* vista lateral de l'exemplar PUAB

68906, mostra OrCB-24, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **E:** *Deshayesites oglanlensis* vista lateral de l'exemplar PUAB 68905, mostra OrCB-22, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **F:** *Deshayesites oglanlensis* vista lateral de l'exemplar PUAB 68907, mostra OrCB-24, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **G:** *Pseudocrioceras waagenoides* vista lateral de l'exemplar PUAB 68893, mostra OrCB-16, biozona *Imerites giraudi*. **H:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68909, mostra OrCB-24, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **I:** *Deshayesites oglanlensis* vista lateral de l'exemplar PUAB 68910, mostra OrCB-25, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **J:** *Deshayesites oglanlensis* vista lateral de l'exemplar PUAB 68925, mostra OrCB-25, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **K:** *Deshayesites oglanlensis* vista lateral de l'exemplar PUAB 68967, mostra OrCB-25, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **L:** *Deshayesites oglanlensis* vista lateral de l'exemplar PUAB 68972, mostra OrCB-25, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **M:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68916, mostra OrCB-26, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **N:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68920, mostra OrCB-26, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **O:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68921, mostra OrCB-26, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **P:** *Deshayesites luppovi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68930, mostra OrCB-28, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **Q:** *Deshayesites oglanlensis* vista lateral de l'exemplar PUAB 68939, mostra OrCB-30, biozona *Deshayesites oglanlensis*. **R:** *Deshayesites forbesi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68981, mostra OrCB-37, biozona *Deshayesites forbesi*. **S:** *Deshayesites forbesi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68990, mostra OrCB-39, biozona *Deshayesites forbesi*. **T:** *Deshayesites forbesi* vista lateral de l'exemplar PUAB 68991, mostra OrCB-39, biozona *Deshayesites forbesi*. Escala gràfica 1 cm.

8.5.2. Cronostratigrafia

Els ammonits estudiats procedeixen de la part alta de la Formació Prada i la Formació Margues de Cabó. Mitjançant el treball dut a terme s'ha pogut constatar per primera vegada que la Formació Prada té registre d'ammonits de la part més alta del Barremià superior i la part baixa de l'Aptià inferior, vegi's a les figures 21-26. El calibratge bioestratigràfic realitzat és molt similar a la proposta que García-Senz (2002) va presentar a la seva tesi doctoral.

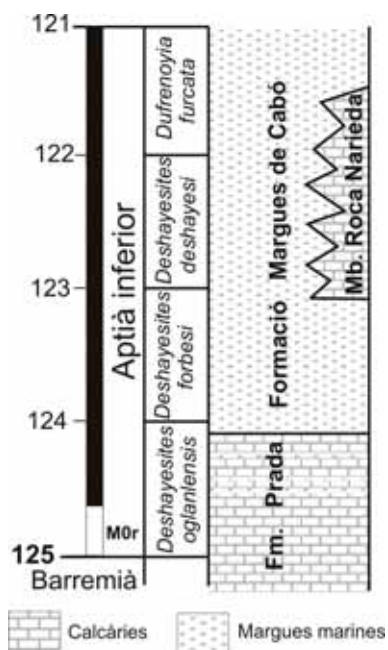


Figura 26. Estratigrafia de la Conca d'Organyà

9. Resultats globals

9.1 Biostratigrafia

Per a l'Aptià inferior de la península Ibèrica es poden reconèixer les biozones d'ammonits de l'Aptià inferior: *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*. A la biozona *Deshayesites oglanlensis* es pot identificar la subzona *Deshayesites luppovi*; a la *Deshayesites forbesi*, l'horitzó *Roloboceras hambrovi*; a la *Deshayesites deshayesi*, la subzona *Deshayesites grandis* i a la biozona *Dufrenoyia furcata* es poden distingir les subzones *Dufrenoyia furcata* i *Dufrenoyia dufrenoyi*, així com en algunes àrees la subzona *Cheloniceras meyendorffi*.

La biozonació aquí proposada per a l'Aptià inferior de la península Ibèrica és força més precisa que la zonació mediterrània estàndard de Reboulet *et al.* 2009 (figura 27).

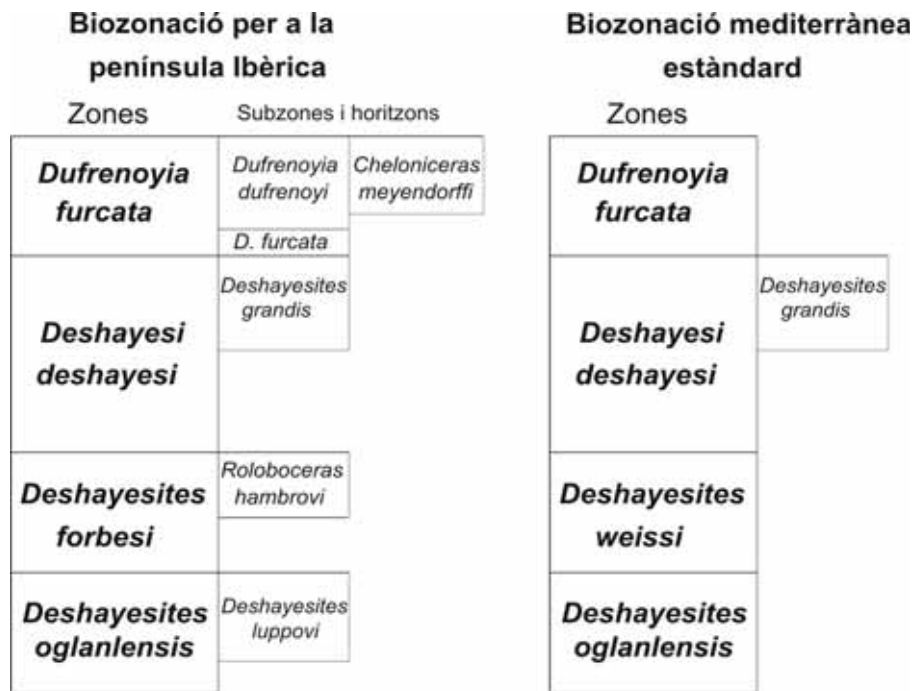


Figura 27. Biozonació per a la península Ibèrica *versus* la biozonació mediterrània estàndard

9.2 Cronostratigrafia

La cronostratigrafia de l'Aptià inferior de les diverses zones estudiades a la península Ibèrica es presenta de forma sintètica a l'apartat 8.

9.3 Estratigrafia isotòpica

On s'ha pogut dur a terme el calibratge de l'OAE 1a amb el registre d'ammonits –Conca del Maestrat, Domini Prebètic i Conca Basco-Cantàbrica– el resultat sempre ha estat el mateix, part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, horitzó *Roloboceras hambrovi*, vegi's figura 28.

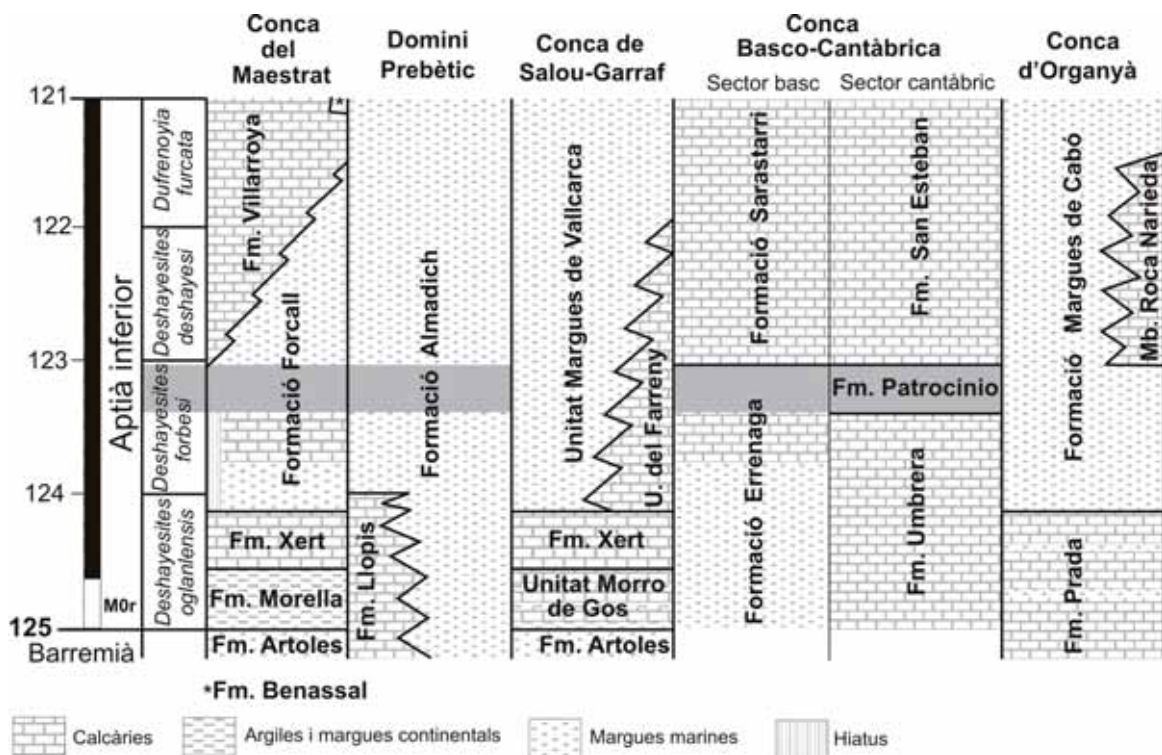


Figura 28. Estratigrafia sintètica de l'Aptià inferior de les àrees estudiades de la península Ibèrica, en gris més fosc situació de l'OAE 1a

10. Discussió

10.1 Biostratigrafia

Pel que fa a la subzona *Deshayesites luppovi*, val a dir que aquesta espècie ha estat àmpliament discutida, ja que la seva posició estratigràfica era dubtosa, a cavall entre la biozona *Deshayesites oglanlensis* i la part baixa de *Deshayesites weissi*. En el treball realitzat s'ha pogut constatar com *Deshayesites luppovi* està sempre per sota de la primera aparició de *Deshayesites forbesi* en la Conca del Maestrat, el Domini Prebètic i la Conca d'Organyà. Al seu torn, a la Conca d'Organyà –que presenta el millor registre d'ammonits, més diagnòstic des d'un punt de vista biostratigràfic, de la biozona *Deshayesites oglanlensis*– s'ha col·lectat *Deshayesites luppovi* juntament amb la forma índex *Deshayesites oglanlensis*.

La nova biozonació que es proposa en aquest treball es pot correlacionar fàcilment amb la biozonació mediterrània, únicament s'ha substituït la segona biozona *Deshayesites weissi* per la de *Deshayesites forbesi* (figura 29). Reboulet *et al.* 2006 i Reboulet *et al.* 2009 van posar de manifest que l'espècie *Deshayesites weissi* es considera *nomen dubium* i, per tant, no s'hauria de fer servir com a forma índex de la segona biozona. En aquesta tesi es proposa utilitzar l'espècie *Deshayesites forbesi* perquè ha estat àmpliament reconeguda en la majoria de les zones estudiades. Aquesta espècie és la forma que s'empra en la biozonació boreal. El fet de prendre l'espècie boreal com a índex a la península Ibèrica permet establir una millor correlació amb la província boreal. La biozonació proposada en la present tesi a part de constituir una alternativa a la biozona *Deshayesites weissi* mostra tot un seguit de subzones i un horitzó que permeten afinar la biozonació de l'Aptià inferior, figura 29.

Quant a l'horitzó *Roloboceras hambrovi*, cal dir que a la província boreal es troba present a la part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, subzones *Deshayesites kiliani* i *Deshayesites callidiscus*. A la plataforma provençal (França), en canvi, aquesta forma s'ha atribuït a la biozona *Deshayesites deshayesi* (Ropolo *et al.* 2000, 2006, 2008a, b). Per aquest motiu es va proposar que a França hi havia un diacronisme causat per la migració d'aquestes formes des de la província faunística boreal, on hipotèticament van

aparèixer, cap a la província mediterrània (Ropolo *et al.* 2008a). En aquesta tesi l'horitzó *Roloboceras hambrovi* ha estat reconegut en la majoria de les àrees estudiades en la part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, sempre per sota de la primera aparició de l'espècie *Deshayesites deshayesi*. En efecte, en el sector cantàbric s'ha reconegut la presència de *Roloboceras hambrovi* juntament amb formes similars a *Deshayesites callidiscus*, que és l'espècie índex de la darrera subzona de la biozona *Deshayesites forbesi* a la província boreal. Per aquest motiu es descarta l'existència de diacronisme entre la província boreal i mediterrània, i es conclou que la biostratigrafia duta a terme per Ropolo *et al.* 2000, 2006, 2008a, b hauria de ser revisada. Les discrepàncies biostratigràfiques rauen en la interpretació dels deshayesítids – que són el grup d'ammonits sobre el que es fonamenta la biostratigrafia de l'Aptià inferior– per més detall vegi's **Moreno-Bedmar et al. 2009**.

Pel que fa a les subzones identificades a la biozona *Dufrenoyia furcata*, val a dir que les més útils són *Dufrenoyia furcata* i *Dufrenoyia dufrenoyi*, perquè poden ser reconegudes a la majoria de les àrees estudiades on hi ha registre de la biozona *Dufrenoyia furcata*. En canvi, la subzona *Cheloniceras meyendorffi* ha estat reconeguda únicament a la Conca de Salou-Garra i amb dificultats es podria arribar a caracteritzar al Domini Prebètic. La importància del puntual reconeixement de la subzona *Cheloniceras meyendorffi* a l'Aptià inferior de la península Ibèrica es troba en el fet que aquesta subzona va ser reconeguda també a la província boreal i permet, per tant, realitzar una correlació directa amb la mateixa.

Biozonació mediterrània estàndard Reboulet et al. 2009		Biozonació per a la península Ibèrica			Biozonació boreal Casey (1961)	
Zones	Subzones	Zones	Subzones i horitzons		Zones	Subzones
<i>Dufrenoyia furcata</i>		<i>Dufrenoyia furcata</i>	<i>Dufrenoyia dufrenoyi</i>	<i>Cheloniceras meyerendorffi</i>	<i>Tropaeum bowerbanky</i>	<i>Cheloniceras meyerendorffi</i>
			<i>D. furcata</i>			<i>Dufrenoyia transitoria</i>
<i>Deshayesi deshayesi</i>	<i>Deshayesites grandis</i>	<i>Deshayesi deshayesi</i>	<i>Deshayesites grandis</i>		<i>Deshayesi deshayesi</i>	<i>Deshayesites grandis</i>
						<i>Cheloniceras parinodum</i>
<i>Deshayesites weissi</i>		<i>Deshayesites forbesi</i>	<i>Roloboceras hambrovi</i>		<i>Deshayesites forbesi</i>	<i>D. callidiscus</i>
						<i>D. kiliani</i>
						<i>D. fittoni</i>
<i>Deshayesites oglanlensis</i>		<i>Deshayesites oglanlensis</i>	<i>Deshayesites luppovi</i>		<i>Prodeshayesites fissicostatus</i>	<i>P. obsoletus</i>
						<i>P. bodei</i>

Figura 29. Biozonació per a la península Ibèrica versus la biozonació mediterrània i la boreal

10.2 Cronostratigrafia

En aquesta tesi s'ha presentat la cronostratigrafia de les àrees (conques sedimentàries) de la península Ibèrica durant l'Aptià inferior, vegi's per exemple l'apartat 2.2 i el punt 8.

És remarcable el fet que a les zones estudiades on predominen clarament les fàcies somes, sense ammonits, respecte a les més obertes amb ammonits únicament es registra la part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*. El registre d'ammonits es limita, doncs, a l'interval de l'OAE 1a. Això és així perquè en aquestes àrees –Subconca d'Oliete i les seccions de Madotz i de Cuchía a la Conca Basco-Cantàbrica– l'espai d'acomodació és més limitat en el temps. L'espai d'acomodació depèn de la subsidència local i dels canvis eustàtics del nivell del mar. En aquestes àrees l'evolució de la subsidència local presenta un model no uniforme i el factor global eustàtic és dominant. La transgressió tetiana associada a l'OAE 1a va ser globalment important i va permetre que en aquestes àrees hi hagués registre d'ammonits.

No succeeix el mateix a la Conca Lusitànica (Portugal) on l'espai d'acomodació hauria estat tan reduït que ni l'efecte de la transgressió

associada a l'OAE 1a va ser capaç de proporcionar unes condicions ambientals adequades per als ammonits. En el marc de la present tesi s'ha fet una campanya en aquesta conca, on recentment s'hi ha caracteritzat l'OAE 1a, Burla *et al.* 2008, que va resultar infructuosa.

10.3 Estratigrafia isotòpica

En aquesta tesi doctoral es prova que l'OAE 1a es troba a la part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, concretament a l'horitzó de *Roloboceras hambrovi*. A la bibliografia, els calibratges de l'OAE 1a mitjançant ammonits es limiten únicament a les dades de la present tesi, dades franceses de la plataforma provençal –Moullade *et al.* 1998 i Ropolo *et al.* 2000, 2006, 2008a, b– i el recent treball de García-Mondéjar *et al.* 2009 a la Conca Basco-Cantàbrica (Sierra de Aralar). Tots aquests treballs tenen com a resultat edats diferents per a l'OAE 1a. En realitat l'assignació de l'OAE 1a a l'horitzó amb *Roloboceras hambrovi* és un punt en comú entre el resultat obtingut en la present tesi i les dades franceses, localitzant-se, per tant, l'OAE 1a a la mateixa posició estratigràfica. Les discrepàncies amb la proposta francesa rauen en la situació d'aquest horitzó en la biozona *Deshayesites forbesi* o *Deshayesites deshayesi* que, com s'ha comentat amb anterioritat (punt 10.1), és una qüestió d'interpretació taxonòmica que comporta diferències biostratigràfiques.

Pel que fa al treball de García-Mondéjar *et al.* 2009 i Millán *et al.* 2009, les discrepàncies són molt més problemàtiques. Aquests autors troben la forma *Roloboceras cf. regale*, característica de l'horitzó de *Roloboceras hambrovi*,³ i la situen a la biozona *Deshayesites weissi*, (= *Deshayesites forbesi*) o sigui a la mateixa posició proposada en aquesta tesi. Però, contràriament a l'exposat aquí i també a les dades franceses, situen l'OAE 1a en un interval molt ampli que inclouria la part alta de la biozona *Deshayesites weissi*, tota la biozona *Deshayesites deshayesi* i potser la base de la biozona *Dufrenoyia furcata*, biozona de transició *Deshayesites deshayesi-Dufrenoyia furcata*, vegi's figura 3. Aquesta biozona de transició –*Deshayesites deshayesi-Dufrenoyia furcata*– de fet, és una barreja dels ammonits de les biozones que la componen. Una constant al treball de García-Mondéjar *et al.* 2009 és el barreig d'associacions

³ Qualsevol espècie atribuïble al gènere *Roloboceras* o *Megatyloceras* està restringida a l'horitzó de *Roloboceras hambrovi*.

de biozones diferents sent el màxim exponent el que aquests autors anomenen biozona *Dufrenoyia furcata*, on presenten una associació amb formes de tres biozones: *Deshayesites weissi*, *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*. Aquestes barreges d'associacions probablement són causades pel fet que la successió d'ammonits que estudien García-Mondéjar *et al.* 2009 es fonamenta en la composició de seccions i, per tant, les seves corresponents faunes d'ammonits. Això prové del fet que la majoria d'afloraments de l'Aptià inferior de la Sierra de Aralar són molt parcials i no és possible establir, en un mateix aflorament, una successió contínua d'ammonits.

11. Conclusions

Es proposen tot un seguit de biozonacions regionals per a cada àrea estudiada. Aquestes biozonacions poden ser sintetitzades en una global per a l'Aptià inferior de la península Ibèrica amb les biozones: *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*. Aquesta biozonació, a més, està subdividida en subzones i un horitzó: la subzona *Deshayesites luppovi*, part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites oglanlensis*; l'horitzó *Roloboceras hambrovi*, part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*; la subzona *Deshayesites grandis*, part mitjana-alta *Deshayesites deshayesi* i finalment, les subzones *Dufrenoyia furcata* i *Dufrenoyia dufrenoyi*, a la biozona *Dufrenoyia furcata*. Aquesta biozonació per a l'Aptià inferior és força més precisa que la biozonació mediterrània estàndard de Reboulet *et al.* 2009 i permetrà, doncs, contribuir a millorar-la.

Es concreta l'edat de les formacions Margues del Forcall i Villarroya de los Pinares de la Conca del Maestrat i es precisa substancialment el coneixement cronostatigràfic anterior a la present tesi. A la Conca de Salou-Garraf es millora la cronostatigrafia de les unitats Margues de Vallcarca i Calcàries del Farreny. Pel que fa a la Conca Basco-Cantàbrica, es concreten les edats de les formacions Errenaga i Patrocinio. Finalment a la Conca d'Organyà es precisa l'edat de la Formació Margues de Cabó.

Per primera vegada s'ha caracteritzat l'OAE 1a a la Conca del Maestrat. S'ha calibrat l'edat de l'OAE 1a amb ammonits, a la Conca del Maestrat, el Domini Prebètic i la Conca Basco-Cantàbrica, atribuint-se a la part mitjana-alta de la biozona *Deshayesites forbesi*, concretament a l'horitzó de *Roloboceras hambrovi*. Al Domini Prebètic s'ha realitzat un calibratge biostratigràfic precís del C2 fins al C8. Com a fet destacable, en el Domini Prebètic es presenta una petita, però remarcable, excursió negativa al segment C7, a la base de la biozona *Dufrenoyia furcata* que és pot reconèixer també a França (Plataforma Provençal i a la Conca Vocontiana).

12. Abreviatures

- **C:** Carboni
- **Cu 1 i Cu 2:** Nivells 1 i 2 de la secció de Cuchía
- **Fm.:** Formació
- **IGME:** Instituto Geológico y Minero de España
- **ISI:** Institute for Scientific Information
- **MGM:** Museo Geológico y Minero
- **MGSB:** Museu Geològic del Seminari de Barcelona
- **OAE 1a:** Esdeveniment Anòxic Oceànic 1a; en anglès Oceanic Anoxic Event 1a
- **OrCB:** Sigles de les mostres de la secció de Cabó. Or: Conca d'Organyà, CB: Cabó.
- **OrCV:** Sigles de les mostres de la secció de la Borda de la Torre. Or: Conca d'Organyà, CV: Cap de la Vall (= Borda de la Torre).
- **PUAB:** Col·leccions de Paleontologia de la Universitat Autònoma de Barcelona

13. Agraïments

A l'hora d'escriure els agraïments se'm plantegen, essencialment, dues opcions, d'una banda, fer quelcom sintètic i de l'altra, *in extenso*. Malgrat el risc d'escriure uns agraïments feixucs m'he decidit per la segona.

En primer lloc cal recordar que aquesta tesi s'ha pogut realitzar gràcies al Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons Social Europeu mitjançant la concessió d'una Beca de Formació d'Investigadors (FI). Així mateix, agrair també el suport econòmic dels projectes CGL2005-07445-CO3-01/BTE Bi, CGL2008-04916, (Ministerio de Educación y Ciencia), el Consolider-Ingenio 2010 programme, dins del CSD2006-0004 "Topo-Iberia" i el Grup de Recerca Consolidat Geologia sedimentària 2005SGR00890 i 2009 SGR 1451.

Així mateix, vull agrair el treball realitzat pels tres codirectors. En Miquel Company ha estat sense cap dubte una peça clau en la present tesi. Cal destacar la seva tasca incansable i pacient corregint meticulosament els articles. No han estat pas poques les setmanes que he passat a Granada treballant colze a colze amb ell, on he après, entre d'altres moltes coses, que Company es pronuncia [kompani]. A en Ricard Martínez vull agrair-li els seus comentaris i destacar-ne la seva proximitat a nivell humà. També vull posar en relleu que amb ell vaig aprendre a fotografiar els ammonits. D'en Ramon Salas, destacar que sempre m'ha donat la llibertat i confiança per a treballar a la meua manera. Inicialment aquesta tesi havia de versar únicament sobre l'Aptià inferior de la Conca del Maestrat però... "¿Ramon, què et semblaria si estudio també el Domini Prebètic?", i així successivament... A tots ells vull agrair-los les jornades de camp dutes a terme conjuntament i, com no, la seva paciència.

Seguidament vull esmentar a en Gérard Delanoy amb qui tants i tants mails hem intercanviat discutint qüestions, essencialment, taxonòmiques. Aquestes converses m'han resultat realment profitoses. Agrair-li també la setmana que vaig passar a casa seva i les jornades de camp on em va mostrar algunes seccions de la Conca Vocontiana. En aquella mateixa campanya vam passar també uns dies a casa d'un aficionat a la paleontologia, veient l'Aptià inferior de

la plataforma d'Ardeche, amb qui estem estudiant la seva magnífica col·lecció particular d'ammonits de l'Aptià inferior, gràcies, Cyril Baudouin.

De forma immediata, si fem esment a la present tesi, agrair el treball de la meva germana Anna M. Moreno que tan pacientment ha corregit una i altra vegada el manuscrit. Com no, els comentaris, els suggeriments i les correccions dels codirectors. Un agraïment també al meu company de despatx, Raúl Lovera, que en tantes ocasions ha resolt satisfactòriament les meves incidències informàtiques i dubtes al llarg d'aquests quatre anys; ahora que m'ha aconsellat sobre el format de la tesi.

Pel que fa al treball de camp, començaré per la Conca del Maestrat. A la subconca de Galve la majoria de les campanyes de camp s'han dut a terme amb el Telm Bover-Arnal. Recordo, a la primera campanya, com ens movíem amb dificultat per reconèixer les formacions i jo, a més amb el cotxe, perquè no feia gaire que tenia el carnet, com va patir el Telm... Recordar, així mateix, una de les nostres aventures: el cotxe se'ns va espatllar –a causa d'una avaria mecànica– vam trucar el Jesús, que ens va venir a recollir i estoicament va remolcar el vehicle fins a Aliaga. Vull aprofitar per fer esment al Jesús i a la Silvia de l'Hostal la Parra (Aliaga), on ens hem allotjat setmanes i setmanes, agrair-los el seu càlid tracte. A la subconca d'Oliete voldria recordar la inestimable ajuda de l'Antoni Grauges, que em va mostrar els millors afloraments de la zona i en una de les campanyes em va acollir amablement a una casa d'estiueig que té a Josa. Afegir també que el Toni sempre ha estat disposat a donar un cop de mà, gràcies. A la subconca de Morella, Xert i el Perelló, vull agrair la bona rebuda i l'ajuda d'un aficionat a la paleontologia de la Jana, Domingo Tolós; amb ell i un altre doctorand, de la Universitat de Barcelona, Oriol Ferrer, vam dur a terme algunes campanyes de camp. Voldria destacar el fet que el Domingo Tolós em va acollir uns dies a casa seva i agrair-li també que hem permetés estudiar la seva col·lecció particular. A Paco Roig –aficionat a la paleontologia– li vull agrair algunes jornades de camp a Benassal i que em deixés estudiar la seva col·lecció particular. Vull també anomenar a en Juan Diego Martín i a l'Enrique Gomez-Ribas i recordar els dies de camp treballant els ammonits de l'Aptià mitjà en el sector de Benicàssim-Orpesa.

Al Domini Prebètic voldria agrair a José Sandoval i José María Tavera – professors titulars de la Universidad de Granada– i també a Sheila Villalba-Breva la seva participació en algunes campanyes de camp.

A la Conca de Salou-Garraf el treball de camp es va iniciar abans que comencés a estudiar la llicenciatura de Geologia. En aquells moments, òbviament, no sabia que aprofitaria aquesta feina en la present tesi doctoral. Vull agrair la paciència dels meus pares que una i mil vegades em van portar en cotxe pel Garraf on anava arreplegant fòssils, entre ells ammonits de l’Aptià inferior i mitjà. Recordo que quan no era possible que m’acompanyessin anava caminant o amb bicicleta. En ocasions trigava més d’una hora i mitja caminant i després havia de tornar. Actualment –com que l’experiència és certament un grau– vaig en cotxe i qualsevol aflorament a més de deu minuts caminant el considero, simplement, inviable. Agrair també a la família Puig –que és propietària d’algunes finques on es troben afloraments de l’Aptià– que em permetessin treballar a les seves propietats. Cal anomenar també al Rubén García a qui vaig ajudar a fer el treball de recerca de batxillerat sobre ammonits aptians del Garraf, és clar. Ara el Rubén és estudiant de geologia i continuem treballant, agrair-li que sempre estat disposat a donar-me un cop de mà. Després voldria citar a alguns aficionats a la paleontologia amb els que he compartit hores de camp: José Luis Cañadas i Santiago Araguz. No vull pas oblidar-me del Rosendo Olivella, que durant tants anys ha col·laborat amb el Museu del Vi de Vilafranca del Penedès; vull recordar que amb ell en Josep i en Carles Martín-Closas vaig realitzar les meves primeres sortides de camp més “professionals”. També vull expressar el meu agraïment a Àlex Ossó –aficionat i especialista en decàpodes fòssils– la seva companyia en algunes jornades de camp, que em convidés a esmorzar un dia i, com no, l’acurada preparació d’un ammonit. Fer esment també al seu company especialista en crancs, Pere Artal, amb el que també he treballat.

A la Conca Basco-Cantàbrica vull recordar les jornades de camp amb el professor Florentin Maurrasse i la doctoranda Tatiana Gaona-Narvaez. Recordar també les jornades de camp a França a la plataforma Provençal. Vull agrair particularment a Florentin el seu càlid tracte, així com la fabulosa estada que vaig realitzar a Miami. Agrair-li també la seva disposició a ajudar en tot el

que ha estat possible. També vull fer esment a la col·laboració duta a terme amb la María Najarro i la seva directora de tesi Idoia Rosales, les posades en comú són sempre d'agrair perquè tothom en surt enriquit. Fer esment també a la seva simpatia i calidesa. També cal citar a en Manuel Díaz –aficionat a la paleontologia– que tan amablement em va mostrar els ammonits que havia recol·lectat de la secció de Cuchía juntament amb ammonits d'altres localitats càntabres d'edat Albià inferior.

A la Conca d'Organyà vull esmentar l'ajuda rebuda en alguna campanya de camp del Ricard Martínez, l'Antoni Grauges i l'Uxue Villanueva-Amadoz. He de reconèixer que la darrera campanya va ser prou feixuga, contràriament al que els vaig indicar prèviament i obviar malèvolament.... “només cal caminar una mica...fa pujada...” crec que l'únic realment conscient de la situació era el Ricard.

A la Conca Lusitànica, mencionar la campanya de camp que vam dur a terme amb en Peter Skelton, l'Eulàlia Gili, en Telm Bover-Arnal i en Ramon Salas, ammonits, el que són ammonits, no en vaig trobar cap, però en Peter ens van mostrar la geologia de la conca i vam passar uns dies certament agradables.

Com no, no em puc pas oblidar de Guillermo Melendez, en una estada d'una setmana a Zaragoza em va fer una intensa posada al dia sobre tafonomia, gràcies Guillermo.

Quant al treball dut a terme en museus, vull esmentar al Museu Geològic del Seminari de Barcelona. El seu director, el pare Calzada, sempre disposat a donar un cop de mà, alhora que m'aconsella que treballi, agrair la seva confiança. També anomenar l'Antoni Abad, i que em deia que aprofités l'oportunitat que he tingut d'elaborar aquesta tesi; vull recordar també les nostres pedagògiques converses. Del Museu de Geologia de Barcelona citar el Jaume Gallemí, recordar les seves correccions en un resum, i com em deia que calia que fos més curós, així ho procuro. Del Museu de Valltorta agrair la col·laboració del seu director, Guillermo Morote. De la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis recordar a l'Eduardo Espílez, sempre disposat a ajudar. De l'IGME a agrair a Silvia Menéndez la seva ajuda.

Per a la realització de la present tesi s'han demanat tot un seguit de permisos de prospecció paleontològica, s'han fet dipòsits de material, etc...: Xavier Delclòs, José Antonio Andrés, Julio Company, moltes gràcies a tots, sense la vostra ajuda encara no me n'hauria sortit amb la burocràcia.

Vull mencionar a en Roger de Marfà, recordant les nostres aventures i desventures a Tautavel, que, de fet, ara no vénen al cas; i en el marc de la present tesi, un congrés on vam visitar París. A en Joaquim Perona, el tècnic de laboratori –Unitat de Medi Ambient– que fa les anàlisis dels isòtops estables de carboni i oxigen, li voldria agrair la seva paciència i deferència quan li reclamava una i mil vegades els resultats, ja! I encara restaria tot un seguit de persones que d'una o una altra forma m'han ajudat en la realització de la present tesi: en discussions taxonòmiques –Ricardo Barragán, entre d'altres– en l'obtenció de la bibliografia –Tamara Bogdanova i el pare G. Conte, entre d'altres–, revisors del articles –P.F. Rawson i S. Reboulet entre d'altres–, editors i treballadors de les revistes on s'han publicat els articles o estan en procés de revisió –P.J. Wood, Lluís Cabrera, Laura Rincón, entre d'altres–, etc...

A tots vosaltres i alguns possibles noms que amb recança em deixo, gràcies de debò.

14. Bibliografia

B

- Bellanca, A., Erba, E., Neri, R., Premoli Silva, I., Sprovieri, M., Tremolada, F., Verga, D., 2002. Palaeoceanographic significance of the Tethyan "Livello Selli" (Early Aptian) from the Hybla Formation, northwestern Sicily: biostratigraphy and high-resolution chemostratigraphic records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 185, 175-196.
- Bernaus, J.M., 1995. L'evolució dels foraminífers com avaluació de la plataforma carbonatada de l'Aptià de la conca d'Organyà (Lleida). Tesina, Universitat Autònoma de Barcelona, 99 pp. Inèdit.
- Bogdanova, T.N., Tovbina, S.Z., 1994. On development of the Aptian ammonite zonal standard for the Mediterranean region. *Géologie Alpine, Mémoire Hors Serie*, 20, 51-59.
- Bover-Arnal, T., Moreno-Bedmar, J.A., Salas, R., Skelton, P.W., Bitzer, K., Gili, E. Sedimentary evolution of an Aptian syn-rifting carbonate system (Maestrat Basin, E Spain): effects of accommodation and environmental change. *Geologica Acta*, en revisió.
- Burla, S., Heimhofer, U., Hochuli, P.A., Weissert, H., Skelton, P., 2008. Changes in sedimentary patterns of coastal and deep-sea successions from the North Atlantic (Portugal) linked to Early Cretaceous environmental change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 257(1), 38-57.

C

- Casey, R., 1961a. The stratigraphical palaeontology of the Lower Greensand. *Palaeontology*, 3, 487-621.
- Casey, R., 1961b. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part III. Monograph of the Palaeontographical Society, London, 119-216.
- Casey, R., Bayliss, H.M., Simpson, M.I., 1998. Observations on the lithostratigraphy and ammonite succession of the Aptian (Lower Cretaceous) Lower Greensand of Chale Bay, Isle of Wight, UK. *Cretaceous Research*, 19, 511-535.

Castro, J.M., 1998. Las plataformas del Valanginiense superior-Albiense superior en el Prebético de Alicante. PhD thesis, Universidad de Granada, 464 pp.

Collignon, M., Pascal, A., Peybernès, B., Rey, J., 1979. Faunes d'ammonites de l'Aptien de la région de Santander (Espagne). *Annales de Paléontologie (Invertébrés)*, 65(2), 139-156.

D

Dalloni, M., 1930. Etude géologique des Pyrénées Catalanes. *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille*, 26(2), 1-373.

Duvernois, Ch., Floquet, M., Humbel, B., 1972. La Sierra d'Aralar (Pyrénées basques Espagnoles): stratigraphie, structure. Thèses de Doctorat de Troisième cycle, Université de Dijon, 264 pp.

E

Erba, E., 1996. The Aptian Stage. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 66, Supplement, 31-43.

Erba, E., Channell, J.E.T., Claps, M., Jones, C., Larson, R.L., Opdyke, B., Premoli Silva, I., Riva, A., Salvini, G., Torricelli, S., 1999. Integrated stratigraphy of the Cismon APTICORE (Southern Alps, Italy): a "reference section" for the Barremian-Aptian interval at low latitudes. *Journal of Foraminiferal Research*, 29, 371-391.

F

Ferreri, V., Weissert, H., D'Argenio, B., Buonocunto, F.P., 1997. Carbon isotope stratigraphy: a tool for basin to carbonate platform correlation. *Terra Nova*, 9, 57-61.

G

Gaona-Narvaez, T., Maurrasse, F.J., Lamolda, M.A., 2008. Lower Aptian Sequence at Madoz (SE Spain) in Relation to Cretaceous Anoxic Event-1a (OAE-1a). AGU'08 Abstracts, PP24A-02. Fort Lauderdale (Florida, USA).

- Gaona-Narvaez, T., Company, M., Lamolda, M., Maurrasse, F.J., Moreno-Bedmar, J.A., Rebenack, C., 2009a. Microfacies and Geochemistry of a Shallow-Water Lower Aptian Carbonate Platform Sequence at the Madotz Section (Basco-Cantabrian Basin, Aralar, Spain), its Relation to Cretaceous Anoxic Event 1a (OAE-1a). AAPG Annual Convention and Exhibition. Denver (USA).
- Gaona-Narvaez, T., Maurrasse, F.J.-M.R., Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Lamolda, M., 2009b. Ammonite biostratigraphy at the Madotz section (Basco-Cantabrian Basin, Spain), implications for the record of Cretaceous Oceanic Anoxic Event 1a (OAE-1a). Libro de resúmenes, P. Palmqvist y J.A. Pérez-Claros (coords.) Universidad de Málaga, 190-191 pp.
- García-Mondéjar, J., Owen, H.G., Raisossadat, N., Millán, M.I., Fernández-Mendiola, P.A., 2009. The Early Aptian of Aralar (northern Spain): stratigraphy, sedimentology, ammonite biozonation, and OAE1. *Cretaceous Research*, 30(2), 434-464.
- García-Senz, J., 2002. Cuencas extensivas del Cretácico inferior en los Pirineos centrales, formación y subsecuente inversión. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. 310 pp.
- Garrido Megías, A., 1973. Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central (provincias de Huesca y Lérida). Tesis de Doctorado, Universidad de Granada, 395 pp.
- Gea, G.A. de, Castro, J.M., Aguado, R., Ruiz-Ortiz, P.A., Company, M., 2003. Lower Aptian carbon isotope stratigraphy from a distal carbonate shelf setting: the Cau section, Prebetic Zone, SE Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 200, 207-219.
- Grauges, A., Moreno-Bedmar, J.A., Martínez, R., Desmocerátidos (Ammonoidea) del Aptiense inferior (Cretácico inferior) de la subcuenca de Oliete, Cordillera Ibérica oriental (Teruel, España). *Revista Española de Paleontología*, en revisió.

H

- Hoedemaeker, P.J., Bulot, L., 1990. Preliminary ammonite zonation of the Lower Cretaceous of the Mediterranean region. *Géologie Alpine*, 66, 123-127.
- Hoedemaeker, P.J., Company, M., (reporters) Aguirre-Urreta, M.B., Avram, E., Bogdanova, T.N., Bujtor, L., Bulot, L., Cecca, F., Delanoy, G., Ettachfini, M., Memmi, L., Owen, H.G., Rawson, P.F., Sandoval, J., Tavera, J.M., Thieuloy, J.P., Tovbina, S.Z., Vašíček, Z., 1993. Ammonite zonation for the Lower Cretaceous of the Mediterranean region; basis for the stratigraphic correlations within IGCP-Project 262. *Revista Española de Paleontología*, 8(1), 117-120.
- Hoedemaeker, P.J., Cecca, F., (reporters), Avram, E., Company, M., Delanoy, G., Erba, E., Ettachfini, M., Faraoni, P., Kakabadze, M., Landra, G., Marini, A., Memmi, L., Pallini, G., Rawson, P.F., Ropolo, P., Sandoval, J., Tavera, J.M., Vašíček, Z., 1995. Report on the 3rd International Workshop on the Standard Lower Cretaceous Ammonite Zonation of the Mediterranean Region. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 51, 213-215.
- Hoedemaeker, P.J., Rawson, P.F., 2000. Report on the 5th International Workshop of the Lower Cretaceous Cephalopod Team (Vienna, 5 September 2000). *Cretaceous Research*, 21(6), 857-860.
- Hoedemaeker, P.J., Reboulet, S., (reporters) Aguirre-Urreta, M.B., Alsen, P., Aoutem, M., Atrops, F., Barragán, R., Company, M., González Arreola, C., Klein, J., Lukeneder, A., Ploch, I., Raisossadat, N., Rawson, P.F., Ropolo, P., Vašíček, Z., Vermeulen, J., Wippich, M.G.E., 2003. Report on the 1st International Workshop of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Lyon, 11 July 2002). *Cretaceous Research*, 24(1), 89-94.

J

- Jenkyns, H.C., 2003. Evidence for rapid climate change in the Mesozoic-Palaeogene greenhouse world. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series A* 361, 1885-1916.

L

- Landra, G., Cecca, F., Vašíček, Z., 2000. Early Aptian ammonites from the top of the Maiolica and the anoxic "Selli Level" (Lombardy, Southern Alps). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 39, 29-45.
- Li, Y.-X., Bralower, T.J., Montañez, I.P., Osleger, D.A., Arthur, M.A., Bice, D.M., Herbert, T.D., Erba, E., Premoli Silva, I., 2008. Toward an orbital chronology for the early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE1a, ~120 Ma). *Earth and Planetary Science Letters*, 271, 88-100.

M

- Martínez, R., 1982. Ammonoideos cretácicos del Prepirineo de la provincia de Lleida. Tesi, Publicaciones de Geología. Universitat Autònoma de Barcelona, 17, 1-197.
- Martínez, R., Grauges, A., 2006. Nautilídeos del Aptiense Inferior (cretácico inferior) de la Subcuena de Oliete, Cordillera Ibérica Oriental (Teruel, España). *Revista Española de Paleontología*, 21(1), 15-27.
- Masse, J.P., Bouaziz, S., Amon, E.O., Baraboskhin, E., Tarkowski, R.A., Bergerat, F., Sandulescu, M., Platel, J.P., Canérot, J., Guiraud, R., Poisson, A., Ziegler, M., Rimmelé, G., Charrat, F., Faure-Muret, A., Ivanik, M., Jabaloy, A., Lamarche, J., Le Nindre, Y.M., Lewy, Z., Nikishin, A.A., Plotnikova, L. i Vaslet, D., 2000. Early Aptian (112-114 Ma). In: Dercourt, J., Gaetani, M., Vrielynck, B., Barrier, E., Biju-Duval, B., Brunet, M.F., Cadet, J.P., Crasquin, S., Sandulescu, M. (Editors), *Atlas Peri-Tethys: palaeoenvironmental maps*.
- Méhay, S., Keller, C.E., Bernasconi, S.M., Weissert, H., Erba, E., Bottini, C., Hochuli, P.A., 2009. A volcanic CO₂ pulse triggered the Cretaceous Oceanic Anoxic Event 1a and a biocalcification crisis. *Geology*, 37(9), 819-822.
- Menegatti, A.P., Weissert, H., Brown, R.S., Tyson, R.V., Farrimond, P., Strasser, A., Caron, M., 1998. High-resolution $\delta^{13}\text{C}$ stratigraphy through the early Aptian "Livello Selli" of the Alpine Tethys. *Paleoceanography*, 13(5), 530-545.

- Mengaud, L. 1920. Recherches géologiques dans la région cantabrique. Thèse de Doctorat de la Faculte des Sciences Paris. 370 pp.
- Millán, M.I., Weissert, H.J., Fernández-Mendiola, P.A., García-Mondéjar, J., 2009. Impact of Early Aptian carbon cycle perturbations on evolution of a marine shelf system in the Basque-Cantabrian Basin (Aralar, N Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, 287, 392-401.
- Moreno, J.A., 2007. Bioestratigrafía del Aptiense del macizo del Garraf (NE de la Península Ibérica). *Geogaceta*, 41, 131-134.
- Moreno Bedmar, J.A., 2007a. Precisiones sobre la edad de la transgresión Aptiense inferior en el nordeste de la Península Ibérica mediante ammonites: datos preliminares. *Actas del III Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*. Almécija, S., Casanovas-Vilar, I., Furió, M., Madurell, J., Marmi, J., Vila B. (eds), 135-142 pp.
- Moreno Bedmar J.A., 2007b. *Deshayesites latilobatus* y *Deshayesites grandis* procedentes del macizo del Garraf (Barcelona). ¿"Especies" sinónimas de *D. deshayesi* ? *Cantera Paleontologica*, Diputación Provincial de Cuenca, 289-300 pp.
- Moreno, J.A., Bover, T., 2007. Precisiones sobre la edad, mediante ammonoideos, de la Formació Margas del Forcall, Aptiense inferior, en la subcuena de Galve (Teruel, España). In: Braga, J.C., Checa, A., Company, M. (Eds.), *XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontologia* (Caravaca de la Cruz, 3-6 de Octubre de 2007), Libro de resúmenes. Instituto Geológico y Minero de España y Universidad de Granada, Granada, 151-152 pp.
- Moreno, J.A., Company, M., Delanoy, G., Grauges, A., Martínez, R., Salas, R., 2007. Precisiones sobre la edad, mediante ammonoideos y nautiloideos, de la Fm. Margas del Forcall en la subcuena de Oliete (Cadena Ibérica, España). *Geogaceta*, 42, 75-78.
- Moreno-Bedmar, J.A., Bover-Arnal, T., Salas, R., Company, M., 2008. The early Aptian oceanic anoxic event in the Maestrat Basin (NE Iberian Chain). *Geo-Temas*, 10, 159-162.
- Moreno-Bedmar, J.A., García, R., 2009. Bioestratigrafía de los ammonoideos de la Unidad Calizas del Farreny, Aptiense inferior, del Macizo del Garraf (NE de Espanya). *Batalleria*, 14, 85-90.

- Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Martínez, R., Grauges, A., 2009. Biostratigraphic characterization by means ammonoids of the lower Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE 1a) in the eastern Iberian Chain (Maestrat Basin, eastern Spain). *Cretaceous Research*, 30(4), 864-872.
- Moreno-Bedmar, J.A., Ramírez, L., Company, M., Delanoy, G., Bover-Arnal, T., Bulot, L.-G., Latil, J.-L., Salas, R., 2009a. Bioestratigrafia de los amonites de Can Casanyes. Macizo de Garraf (Barcelona, España). *Batalleria*, 14, 91-98.
- Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Barragán, R., Salas, R., Martín-Martín, J.D., Bover-Arnal, T., Gomez-Rivas, E., 2009b. Precisiones, mediante ammonoideos, sobre la edad de la Formació Benassal, Cuenca del Maestrat (Cadena Ibèrica). Libro de resúmenes, P. Palmqvist y J.A. Pérez-Claros (coords.) Universidad de Málaga, 231-234 pp.
- Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Maurrasse, F.J.-M.R., Martínez, R., Grauges, A., Lower Aptian ammonite biostratigraphy in the Maestrat Basin (Eastern Iberian Chain, Spain). *Geologica Acta*, en premsa.
- Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Sandoval, J., Tavera, J.M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Maurrasse, F.J.-M.R., Martínez, R., Lower Aptian ammonite and carbon isotope stratigraphy in the eastern Prebetic Domain (Betic Cordillera, southeastern Spain) . *Geologica Acta*, en revisió.
- Moullade, M., Kuhnt, W., Bergen, J., Masse, J.P., Tronchetti, G., 1998. Correlation of biostratigraphic and stable isotope events in the Aptian historical stratotype of La Bédoule (southeast France). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, 327, 693-698.
- Moullade, M., Masse, J.P., Tronchetti, G., Kuhnt, W., Ropolo, P., Bergen, J.A., Masure, E., Renard, M., 2000. Le stratotype historique de l'Aptien inférieur (région de Cassis-La Bédoule, SE France): synthèse stratigraphique. *Géologie Méditerranéenne* 25 (1998), 289-298.

Mutterlose, J., 1998. The Barremian-Aptian turnover of biota in northwestern Europe: evidence from belemnites. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 144, 161-173.

Mutterlose, J., Böckel, B., 1998. The Barremian-Aptian interval in NW Germany: a review. *Cretaceous Research*, 19, 539-568.

N

Najarro, M., Rosales, I., Martín-Chivelet, J., 2007a. Sedimentological and diagenetical studies in Early Cretaceous carbonates as indicators of environmental change: the prelude of the early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE1a). *Geophysical Research Abstracts Vol. 9, EGU2007-A-09054*.

Najarro, M., Rosales, I., Martín-Chivelet, J., 2007b. Evolución de la plataforma carbonatada de la Florida durante el rifting del Cretácico Inferior (Aptiense, NO de Cantabria). Volumen Monográfico de la II Semana de Jóvenes Investigadores del IGME, 123-128.

Najarro, M., Rosales, I., 2008a. Facies evolution, diagenesis and isotope analyses in a carbonate platform related to the Lower Cretaceous Anoxic Event 1a. In: Kunkel, C., Hahn, S., ten Veen, J., Rameil, N., Immenhauser, A. (Eds.), *SDGG, Heft 58 -Abstract Volume- 26th IAS Regional Meeting/SEPM-CES SEDIMENT 2008*, 194 p.

Najarro, M., Rosales, I., 2008b. Evidencias sedimentológica, diagenética y quimioestratigráfica del Evento Anóxico Oceánico del Aptiense Inferior (OAE 1a) en la plataforma carbonatada de La Florida (NO de Cantabria). *Geo-temas*, 10, 163-166.

O

Ogg, J.G., Agterberg, F.P., Gradstein, F.M., 2004. The Cretaceous period. In: Gradstein, F.M., Ogg, J.G. and Smith, A.G. (Eds.), *A geologic time scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, 344-383 pp.

P

Peybernès, B., 1976. Le Jurassique et le Crétacé inférieur des Pyrénées franco-espagnoles entre la Garonne et la Méditerranée. tesi, Université de Toulouse, 459 pp.

Peybernès, B., Souquet, P., 1973. Biostratigrafie des marnes noires de l'Aptien-Albien de la zone sud-pyrénéenne. Comptes Rendus de Academie des Sciences de Paris, 276, 2501-2504.

R

Rat, P., 1959. Les pays crétacés basco-cantabriques (Espagne). Thèse, Publications de l'Université de Dijon, 18, 1-525.

Rawson, P.F., Hoedemaeker, P.J., (reporters), Aguirre-Urreta, M.B., Avram, E., Ettachfini, M., Kelly, S.R.A., Klein, J., Kotetishvili, E., Owen, H., Ropolo, P., Thomson, M.R.A., Wippich, M., Vašíček, Z., 1999. Report on the 4th International Workshop of the Lower Cretaceous Cephalopod Team (IGCP-Project 362). Scripta Geologica, Special Issue, 3, 3-13.

Reboulet, S., Hoedemaeker, P.J., (reporters), Aguirre-Urreta, M.B., Alsen, P., Atrops, F., Baraboshkin, E.Y., Company, M., Delanoy, G., Dutour, Y., Klein, J., Latil, J.L., Lukeneder, A., Mitta, V., Mourgues, F.A., Ploch, I., Raisossadat, N., Ropolo, P., Sandoval, J., Tavera, J.M., Vašíček, Z., Vermeulen, J., 2006. Report on the 2nd International meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Neuchâtel, Switzerland, 8 September 2005). Cretaceous Research, 27, 712-715.

Reboulet, S., Klein, J., (reporters) Barragán, R., Company, M., González-Arreola, C., Lukeneder, A., Raisossadat, S.N., Sandoval, J., Szives, O., Tavera, J.M., Vašíček, Z., Vermeulen, J., 2009. Report on the 3rd International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Vienna, Austria, 15th April, 2008). Cretaceous Research, 30, 496-502.

Renard, M., Rafélis, M. de, Emmanuel, L., Moullade, M., Masse, J.-P., Kuhnt, W., Bergen, J.A., Tronchetti, G., 2005. Early Aptian $\delta^{13}\text{C}$ and manganese anomalies from the historical Cassis-La Bédoule stratotype sections (S.E. France): relationship with a methane hydrate dissociation event and

- stratigraphic implications. Carnets de Géologie/Notebooks on Geology Article 2005/04, 1-18.
- Ropolo, P., Conte, G., Gonnet, R., Masse, J.-P., Moullade, M., 2000. Les faunes d'Ammonites du Barrémien supérieur/Aptien inférieur (Bédoulien) dans la région stratotypique de Cassis-La Bédoule (SE France): état des connaissances et propositions pour une zonation par Ammonites du Bédoulien-type. *Géologie Méditerranéenne*, 25(1998), 167-175.
- Ropolo, P., Moullade, M., Gonnet, R., Conte, G., Tronchetti, G., 2006. The Deshayesitidae Stoyanov, 1949 (Ammonoidea) of the Aptian historical stratotype region at Cassis-La Bédoule (SE France). *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology Memoir* 2006/01, 1-46.
- Ropolo, P., Moullade, M., Conte, G., Tronchetti, G., 2008a. About the stratigraphic position of the Lower Aptian *Roloboceras hambrovi* (Ammonoidea) level. *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology, Brest, Letter* 2008/03 (CG2008_L03), 1-7.
- Ropolo, P., Conte, G., Moullade, M., Tronchetti, G., Gonnet, R., 2008b. The Douvilleiceratidae (Ammonoidea) of the Lower Aptian historical stratotype area at Cassis-La Bédoule (SE France). *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology, Memoir* 2008/03 (CG2008_M03), 1-60.
- Rosales, I., Najarro, M., Moreno-Bedmar, J.A., de Gea, G.A., Company, M., 2009. High-resolution chemo- and biostratigraphic records of the Early Aptian Oceanic Anoxic Event in Cantabria (northern Spain). *Geochimica et Cosmochimica Acta Awards Ceremony Speeches and Abstracts of the 19th Annual V.M. Goldschmidt*. 73, 13, Supp. 1, A 1118.
- Rosell, J., 1967. Estudio geológico del sector del Prepirineo comprendido entre los ríos Segre y Noguera Ribagorçana (prov. de Lérida). *Pirineos*, 21, 9-214.

S

- Salas, R., Guimerà, J., 1996, Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental). *Geogaceta*, 20, 1704-1706.

Salas, R., Guimerà, J., Martín-Closas, C., Meléndez, A., i Alonsos, A., 2001, Evolution of the Mesozoic Central Iberian Rifting System and its Cainozoic inversion (Iberian Chain), *in* Ziegler, P.A., Cavazza, W., Roberston, A.H.F., Crasquin-Soleau, S., eds., Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rifting/Wrench Basins and Passive Margins: Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 186, 145-186.

Salas, R., Moreno, J.A., 2008. Revisió de la Geologia i altres treballs complementaris de quatre Fulls del MGC25M a l'àrea del Massís de Garraf. Fulls Números.: 420-1-1, 420-1-2, 448-1-1 i 448-1-2. Part I: Estratigrafia dels materials aptians. 41 pp.

T

Tejada, M.L.G., Suzuki, K., Kuroda, J., Coccioni, R., Mahoney, J.J., Ohkouchi, N., Sakamoto, T., Tatsumi, Y., 2009. Ontong Java Plateau eruption as a trigger for the early Aptian oceanic anoxic event. *Geology*, 37(9), 855-858.

W

Wilmsen, M., 2005. Stratigraphy and biofacies of the Lower Aptian of Cuchía (Cantabria, northern Spain). *Journal of Iberian Geology*, 31(2), 253-275.

Annex 1

1. Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Martínez, R., Grauges, A., 2009. Biostratigraphic characterization by means ammonoids of the lower Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE 1a) in the eastern Iberian Chain (Maestrat Basin, eastern Spain). Cretaceous Research, 30(4), 864-872.
2. Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Maurrasse, F.J.-M. Martínez, R., Grauges, A., Lower Aptian ammonite biostratigraphy in the Maestrat Basin (Eastern Iberian Chain, Spain). Geologica Acta, en premsa.
3. Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Sandoval, J., Tavera, J.M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Maurrasse, F.J.-M.R., Martínez, R., Lower Aptian ammonite and carbon isotope stratigraphy in the eastern Prebetic Domain (Betic Cordillera, southeastern Spain). Geologica Acta, en revisió.

Resum

Generalment s'accepta que el *Oceanic Anoxic Event* 1a [OAE 1a] es correlaciona amb la part inferior de la biozona de foraminífers planctònics *Leupoldina cabri*. Aquest calibratge respecte la biozonació d'ammonits mediterrània estàndard és problemàtica. Això es degut a dos factors, en part perquè els ammonits són escassos o tenen poc valor des d'un punt de vista biostratigràfic en les successions pelàgiques de l'Aptià, que és on els nivells de *black shale* estan millor desenvolupats.

En aquest treball s'ha caracteritzat geoquímicament l'OAE 1a en dipòsits marins relativament somers de l'est de la Cadena Ibèrica (Conca del Maestrat, Est d'Espanya), on les faunes d'ammonits són riques. L'interval corresponent a aquest esdeveniment està dominat per espècies dels gèneres *Roloboceras* i *Megatyloceras*, acompanyades per *Deshayesites forbesi* i *Deshayesites* gr. *euglyphus/spathi*. Aquesta associació és característica de la part mitjana/alta de la biozona *Deshayesites weissi*. La primera aparició de l'espècie *Deshayesites deshayesi* (d'Orbigny), que marca l'inici de la següent biozona, té lloc uns metres per sobre de l'interval del OAE 1a.

En l'estratotip històric de la regió de Cassis-La Bédoule (Sud de la Conca Provençal, sud-est de França), l'interval del OAE 1a està també caracteritzat per la presència d'espècies dels gèneres *Roloboceras* i *Megatyloceras*. Tanmateix, aquests nivells han estat correlacionats amb la biozona *Deshayesites deshayesi*. En la nostra opinió aquesta discrepància es deguda a les divergències taxonòmiques en la determinació dels deshayesítids presents en aquests nivells. De fet, els exemplars atribuïts pels autors francesos [Ropolo, P., Conte, G., Gonnet, R., Masse, J.P., Moullade, M., 2000. Les faunes d'Ammonites du Barrémien supérieur/Aptien inférieur (Bédoulien) dans la région stratotypique de Cassis-La Bédoule (SE France): état des connaissances et propositions pour une zonation par Ammonites du Bédoulien-type. *Géologie Méditerranéenne*, 25, 167-175; Ropolo, P., Moullade, M., Gonnet, R., Conte, G., Tronchetti, G., 2006. The Deshayesitidae Stoyanov, 1949 (Ammonoidea) of the Aptian historical stratotype region at Cassis-La Bédoule (SE France), *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology Memoir* 2006/01, 1-46.] a l'espècie *Deshayesites deshayesi* i *Deshayesites dechyi*

poden ser reinterpretats i atuits a l'espècie *Deshayesites forbesi*. Si seguim aquesta reinterpretació, els nivells amb *Roloboceras* [equivalent a l'OAE 1a] de Cassis-La Bédoule també es correspondria a la biozona *Deshayesites weissi*. A més a més aquesta edat esta també contrastada per dades del sud del Regne Unit [Casey, R., 1961a. The stratigraphical palaeontology of the Lower Greensand. *Palaeontology*, 3, 487-621; Casey, R., 1961b. A Monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part III. *Palaeontographical Society*, London, pp. 119-216], i per les nostres observacions recents en Le Teil (Ardèche Platform, Sudest de França), on les faunes de *Roloboceras* estan també associades a *Deshayesites consobrinus* i *Deshayesites gr. euglyphus*, taxons també característics de la biozona *Deshayesites weissi*.



Contents lists available at ScienceDirect

Cretaceous Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/CretRes

Biostratigraphic characterization by means of ammonoids of the lower Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE 1a) in the eastern Iberian Chain (Maestrat Basin, eastern Spain)

J.A. Moreno-Bedmar^{a,*}, M. Company^b, T. Bover-Arnal^c, R. Salas^a, G. Delanoy^d,
R. Martínez^e, A. Grauges^e

^a *Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona, Spain*

^b *Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Avenida Fuentenueva s/n, 18002 Granada, Spain*

^c *Abteilung Geologie, Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Universität Bayreuth, Universitätsstr. 30, 95440, Bayreuth, Germany*

^d *Département des Sciences de la Terre, Université de Nice-Sophia Antipolis, 28 Avenue Valrose F-06100, Nice, France*

^e *Departament de Geologia (Paleontologia), Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici Cs, 08193-Bellaterra, Barcelona, Spain*

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 April 2008

Accepted in revised form 4 February 2009

Available online 14 February 2009

Keywords:

OAE 1a

Lower Aptian

Ammonoids

Iberian Chain

Roboceras beds*Deshayesites weissi* Zone

ABSTRACT

It is now generally accepted that the Oceanic Anoxic Event 1a [OAE 1a] correlates with the lower part of the *Leupoldina cabri* planktonic foraminiferal Zone. Its calibration against the standard ammonite scale, however, seems to be more problematic. This is due, in part, to the fact that ammonites are scarce and/or of little diagnostic value from a biochronological viewpoint in the lower Aptian pelagic successions where the black shale horizons are better developed.

We have been able to characterize OAE 1a geochemically in the relatively shallow water deposits of the eastern Iberian Chain (Maestrat Basin, eastern Spain), where ammonite faunas are rich. The interval corresponding to this event is dominated by the genera *Roboceras* and *Megatyloceras*, accompanied by *Deshayesites forbesi* and *Deshayesites* gr. *euglyphus/spathi*. This assemblage is characteristic of the middle/upper part of the *Deshayesites weissi* Zone. The first occurrence of the species *Deshayesites deshayesi* (d'Orbigny), which marks the base of the overlying zone, takes place in our sections some metres above the OAE 1a interval.

In the historical stratotype region of Cassis-La Bédoule (southern Provence Basin, southeastern France), the OAE 1a interval is also characterized by the presence of *Roboceras* and *Megatyloceras*. Nevertheless, it has usually been correlated with the *D. deshayesi* Zone. In our opinion, this discrepancy is due to divergences in the taxonomic assignments of the *deshayesitids* present in these beds. In fact, the specimens attributed by French authors [Ropolo, P., Conte, G., Gonnet, R., Masse, J.P., Moullade, M., 2000. Les faunes d'Ammonites du Barrémien supérieur/Aptien inférieur (Bédoulien) dans la région stratotypique de Cassis-La Bédoule (SE France): état des connaissances et propositions pour une zonation par Ammonites du Bédoulien-type. *Géologie Méditerranéenne* 25, 167–175; Ropolo, P., Moullade, M., Gonnet, R., Conte, G., Tronchetti, G., 2006. The *Deshayesitidae* Stoyanov, 1949 (Ammonoidea) of the Aptian historical stratotype region at Cassis-La Bédoule (SE France), *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology Memoir* 2006/01, 1–46.] to *D. deshayesi* and *D. dechy* can be reinterpreted as belonging to *D. forbesi*.

Following this reinterpretation, the *Roboceras* beds (equivalent of OAE 1a) of Cassis-La Bédoule would also correspond to the *D. weissi* Zone. This age is additionally corroborated by data from southern England [Casey, R., 1961a. The stratigraphical palaeontology of the Lower Greensand. *Palaeontology* 3, 487–621; Casey, R., 1961b. A Monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part III. *Palaeontographical Society, London*, pp. 119–216], and by our recent observations in Le Teil (Ardèche Platform, southeastern France), where the *Roboceras* faunas are also associated with *Deshayesites consobrinus* and *Deshayesites* gr. *euglyphus*, taxa that are characteristic of the *D. weissi* Zone.

© 2009 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Oceanic Anoxic Events (OAEs) were short-lived episodes characterized by unusually high rates of organic carbon burial in marine

* Corresponding author.

E-mail address: j.a.moreno@ub.edu (J.A. Moreno-Bedmar).

Reboulet et al. (2006)	Casey (1961a) Casey et al. (1998)	Bréheret Magniez-Jannin (1997)	Erba (1996)	Mutterlose (1998)	Mutterlose and Bückel (1998)	Moullade et al. (1998, 2000) Renard et al. (2005)	Gea et al. (2003)	Ogg et al. (2004)	This paper
Tethyan	Boreal								
Zones	Zones								
<i>D. deshayesi</i>	<i>D. deshayesi</i>								
<i>D. weissii</i>	<i>D. forbesi</i>								
<i>D. oglanlensis</i>	<i>P. fissocostatus</i>								

Fig. 1. Different proposals of the age of the OAE 1a.

sediments worldwide. One of the best known is the OAE 1a, which occurred in the early Aptian. Organic-rich sediments of this age (locally known as Livello Selli, Niveau Goguel, Fischeschiefer, etc.) have been recorded throughout Europe, linked to the onset of a large positive shift in the $\delta^{13}C$ curve. It is now generally accepted that the OAE 1a correlates with the lower part of the *Leupoldina cabri* planktonic foraminiferal Zone (Magniez-Janin et al., 1997; Moullade et al., 1998a, 1998b; Aguado et al., 1999; Erba et al., 1999; Bellanca et al., 2002; Ogg et al., 2004). Its calibration against the standard ammonite scale, however, seems to be more problematic. This is due, on the one hand, to the fact that ammonites are scarce and/or of little diagnostic value from a biochronological viewpoint in the lower Aptian pelagic successions where the black shale horizons are better developed (Aguado et al., 1997, 1999; Landra et al., 2000). On the other hand, some inaccuracies still remain in the correlation of planktonic foraminiferal and calcareous nannofossil events with the ammonite zonation.

As shown in Fig. 1, the stratigraphic location of OAE 1a varies, according to author, from the upper part of the *Deshayesites oglanlensis* Zone to the middle part of the *Deshayesites deshayesi* Zone. It must be pointed out, however, that most of these attributions were based on poorly significant ammonite data or on indirect correlations with other fossil groups.

In order to resolve this issue, we present the results of the study of the ammonite fauna in and around the beds corresponding to OAE 1a in several sections of the Eastern Iberian Chain (Maestrat

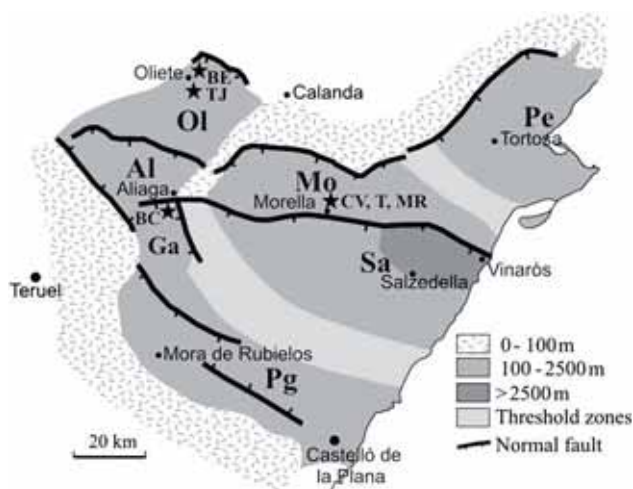


Fig. 2. Simplified geological map of the Maestrat Basin showing the six sections studied. BE: Barranco Emilia section, BC: Barranco de las Calzadas section, CV: Cap de Vinyet section, MR: Mas del Roc section, TJ: Tejeria de Josa section, T: Todolella section, Ol: Oliete sub-basin, Al: Aliaga sub-basin, Mo: Morella sub-basin, Pe: Perelló sub-basin, Ga: Galve sub-basin, Sa: Salzedella sub-basin, Pg: Penyagolosa sub-basin. Modified from Salas et al. (2001).

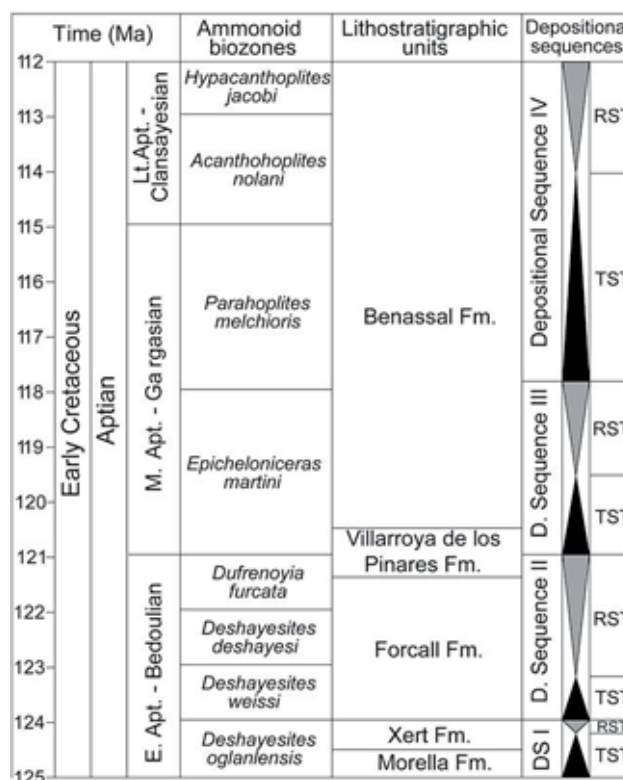


Fig. 3. Stratigraphic framework and age relationships for the Aptian in the eastern Iberian Chain. Modified after Salas et al. (1995, 2001). Ammonoid data from Weisser (1959), Martínez et al. (1994), Moreno and Bover (2007) and Moreno et al. (2007).

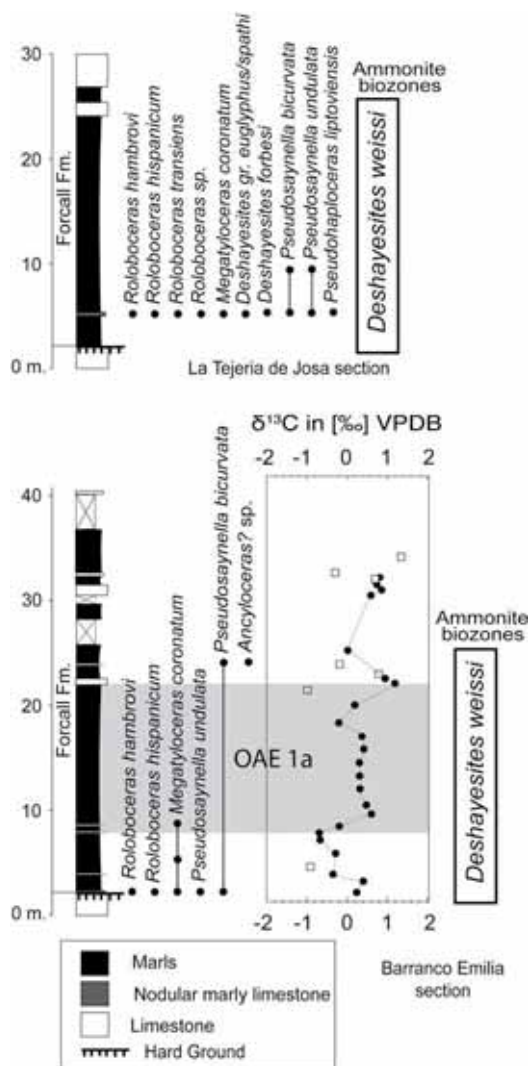


Fig. 4. Tejeria de Josa and Barranco Emilia sections.

Basin). This will enable us to perform a more precise calibration of this event against the standard ammonite zonation.

2. Geological and stratigraphic setting

The study area is located in the Maestrat Basin (Eastern Iberian Chain, eastern Spain). The Maestrat Basin developed during the Late Jurassic–Early Cretaceous rifting phase related to the opening of the Central Atlantic and North Atlantic domains. This rifting stage controlled the development of the basin. The late Jurassic–early Cretaceous rifting cycle structured the Maestrat Basin into four main fault zones and a number of sub-basins (Fig. 2). In the Maestrat Basin, the late Jurassic–early Cretaceous synrift record was characterized by a predominance of shallow marine carbonates (up to 4500 m thick).

The Aptian lithostratigraphic framework in the Maestrat Basin is composed of five formations, named from base to top (Fig. 3): Morella Formation, Xert Formation, Forcall Formation, Villarroya de los Pinares Formation and Benassal Formation (Canérot et al., 1982; Salas et al., 1995, 2001). The Morella Formation consists of continental sandstones and red clay, up to 200 m thick, overlying Barremian shallow carbonate and siliciclastic deposits from the Artoles Formation. The Morella Formation contains the geomagnetic

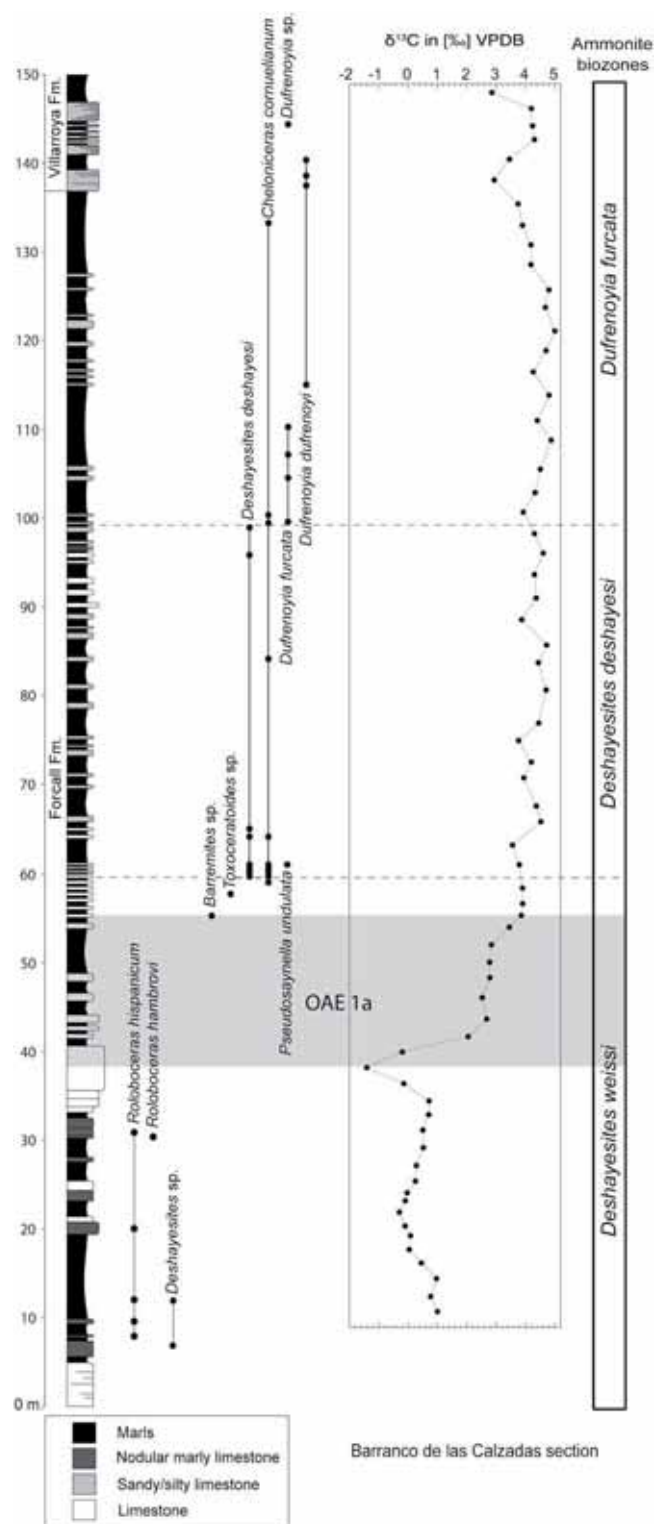


Fig. 5. Barranco de las Calzadas section.

polarity chron M0r (Salas et al., 2005), which dates the base of the early Aptian (Bedoulian), and is mainly registered in the lower blocks of the faults that acted as traps for these continental sediments. The Xert Formation is up to 250 m thick and is composed of sandstones, sandy limestones and marls in the proximal areas, and of orbitolinid marls and limestones-dominated facies in the distal parts of the basin. The significant transgression pulse, up to 120 m

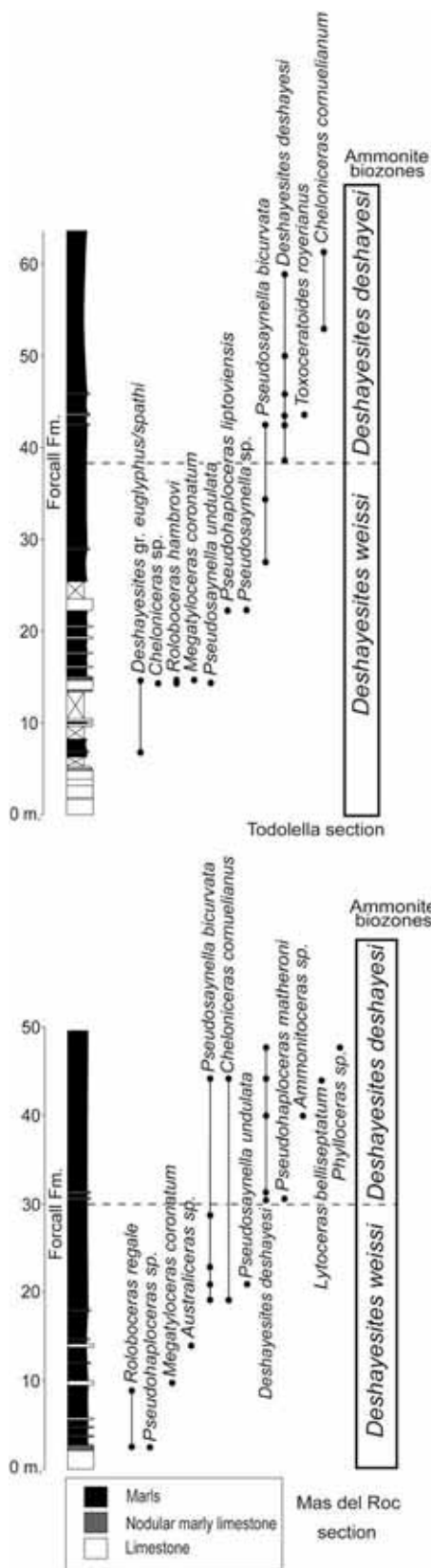


Fig. 6. Todolella and Mas del Roc sections.

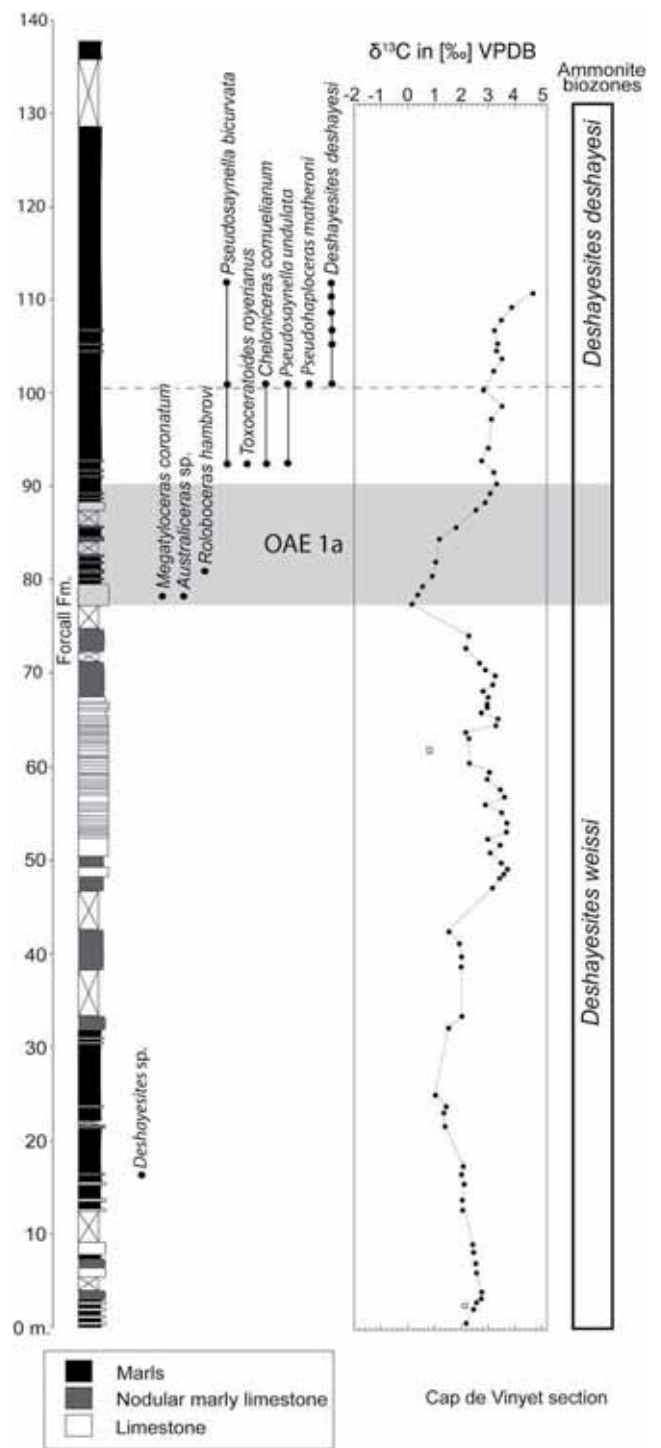


Fig. 7. Cap de Vinyet section.

thick, that overlies the Xert Formation corresponds to the Forcall Formation, and is largely constituted by an alternation of marls, marly limestones, limestones and silty/sandy limestones, with abundant orbitolinids and ammonites. The Forcall Formation is dated by ammonites as early Aptian (Bedoulian), and comprises the complete *Deshayesites weissii* and *Deshayesites deshayesi* Zones, and the lower–middle part of the *Dufrenoyia furcata* biozone. OAE 1a is recorded within the Forcall Formation (*Deshayesites weissii* Zone).

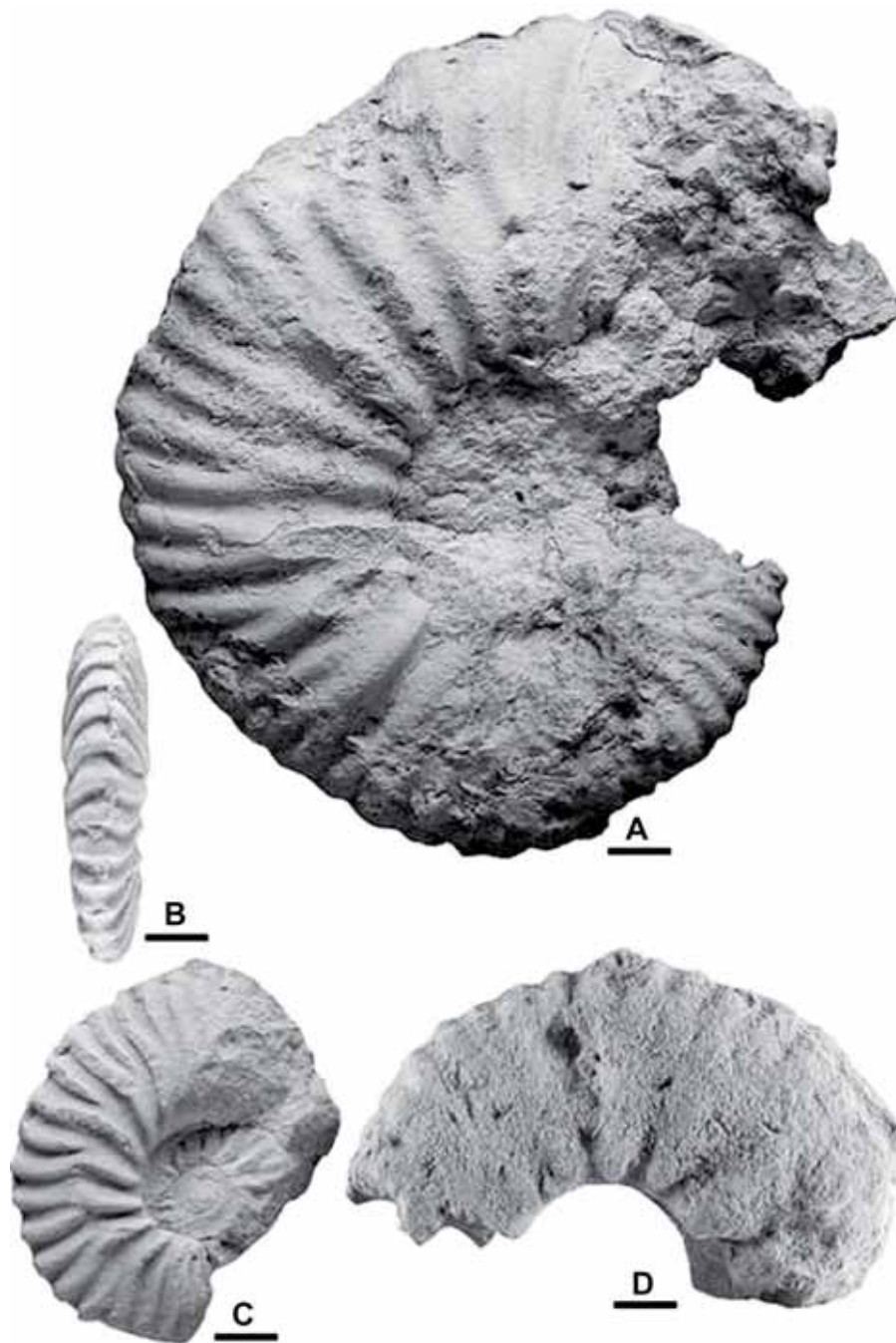


Fig. 8. A, *Deshayesites* gr. *euglyphus/spathi* macroconch, lateral view of specimen PUAB (Paleontology collections of Universitat Autònoma de Barcelona, Spain) 48250 from the Tejeria de Josa section. B–C, *Deshayesites deshayesi* microconch, specimen CTP (Conjunto Paleontológico de Teruel, Spain) -3237 from the Villarroya de los Pinares section. D, *Deshayesites* gr. *euglyphus/spathi* macroconch, lateral view of specimen PUAB 68520 from the Todolella section. Scale bar: 10 mm.

The Villarroya de los Pinares Formation, up to 300 m thick, is essentially made up of rudist-, coral-, and miliolid-dominated limestones and, occasionally, marls, oolitic and bioclastic grainstones, sandy limestones and orbitolinid-dominated facies. Ammonites date this formation as the later part of the early Aptian (Bedoulian), comprising the top of the *Dufrenoyia furcata* Zone. In some parts of the basin, this formation reaches the lower part of the middle Aptian (Gargasian), dated by the Caprinid rudist extinction event to the boundary between the early and middle Aptian (Skelton, 2003). The Benassal formation (up to 400 m thick) consists of marls, rudist-coral-miliolid- or orbitolinid-dominated

limestones, sandstones, sandy limestones and oolitic-bioclastic grainstones. Precise biostratigraphic dating for this formation is lacking although Weisser (1959) found a specimen of the ammonite *Acanthohoplites bergeroni* (Seunes) specimen in the upper part of the Benassal Formation, enabling us to ascertain that this formation contains the *Nolaniceras nolani* ammonite Zone, dated as late Aptian (Clansayesian). The upper boundary of the Benassal Formation is also well known, given that it is the base of the Escucha Formation, dated as earliest Albian (Moreno-Bedmar et al., 2008a). In the light of these findings it is reasonable to assume that the Benassal Formation represents most of the middle Aptian

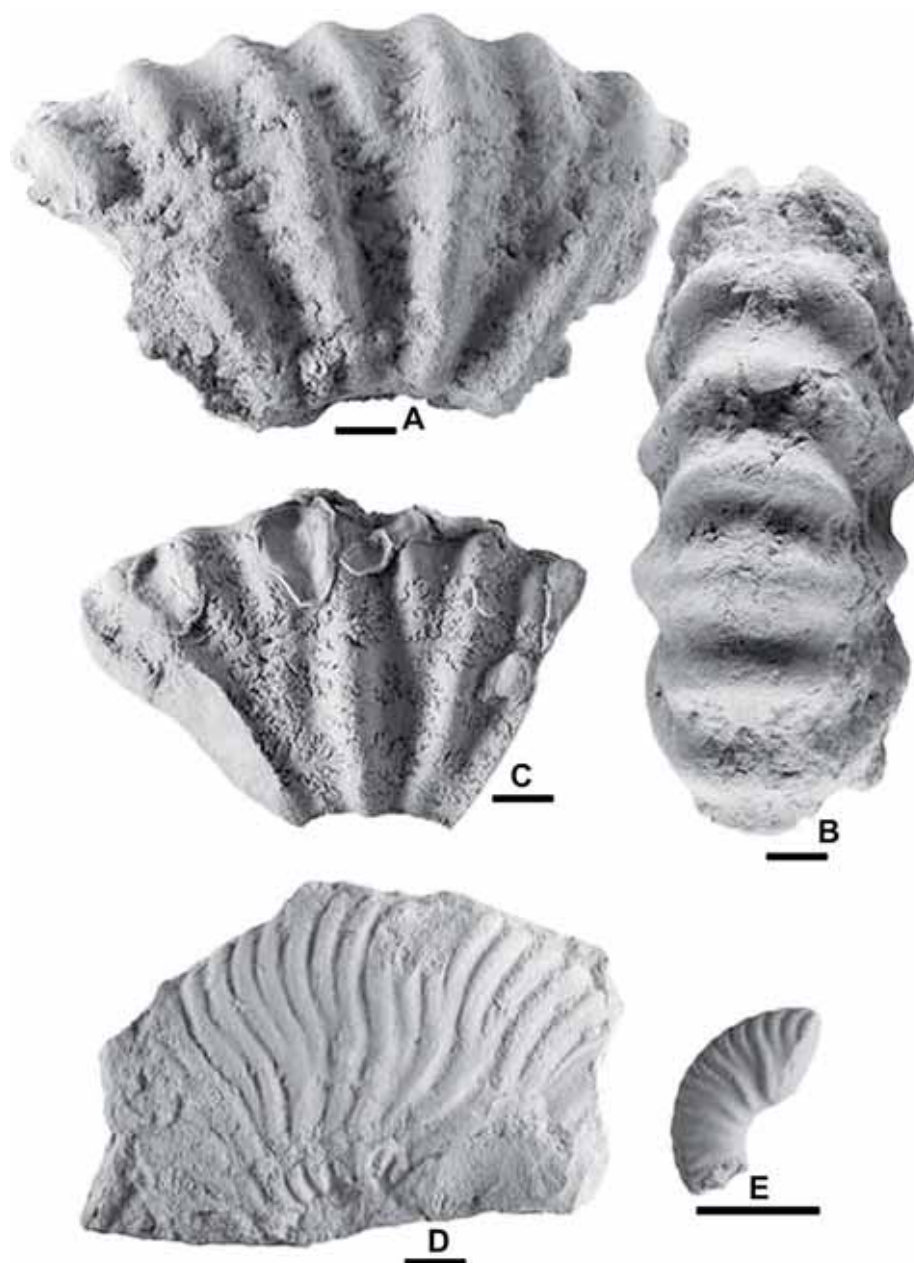


Fig. 9. A–B, *Deshayesites* gr. *euglyphus/spathi* macroconch, lateral and ventral view of specimen PUAB 68517 from the Todolella section. C, *Deshayesites* gr. *euglyphus/spathi* macroconch, lateral view of specimen PUAB 48049 from the Tejería de Josa section. D, *Deshayesites deshayesi* macroconch, lateral view of specimen CPT-3236 from the Villarroya de los Pinares section. E, *Deshayesites forbesi* microconch, lateral view of specimen PUAB 48071 from the Tejería de Josa section. Scale bar: 10 mm.

(Gargasian) and the late Aptian (Clansayesian). The interval studied comprises four depositional sequences (DS1, DS2, DS3 and DS4) (Fig. 3).

The ammonoids studied in this paper come from six sections of the Forcall Formation: Barranco de las Calzadas (Galve Sub-basin), Tejería de Josa and Barranco Emilia (Oliete Sub-basin), and Todolella, Mas del Roc and Cap de Vinyet (Morella Sub-basin) (see Figs. 4–7).

3. Biostratigraphic characterization of OAE 1a in the Iberian Chain

No black shales or other organic-rich sediments were found in the studied sections, which consist of relatively shallow water

deposits. Nevertheless, the geochemical signal (Moreno-Bedmar et al., 2008b) is unequivocal and the interval corresponding to OAE 1a can be easily identified. The stratigraphic interval occupied by the organic-rich sediments of the Livello Selli and their equivalents would correspond to the start of the early Aptian positive excursion of the $\delta^{13}\text{C}$ curve segments C4 to C6 (e.g., Menegatti et al., 1998; Erba et al., 1999; Gea et al., 2003). This interval was recognized in all the sections of the Iberian Chain where geochemical analyses were performed (see Figs. 4, 5, 7).

Ammonites are scarce in the beds corresponding to OAE 1a in these sections, where they are almost exclusively represented by some specimens of *Roboceras hambrovi* (Forbes) (Fig. 10, E) and *Megatyloceras coronatum* Rouchadzé (Fig. 10B–D, G). Ammonite assemblages are, however, rich in the beds immediately underlying

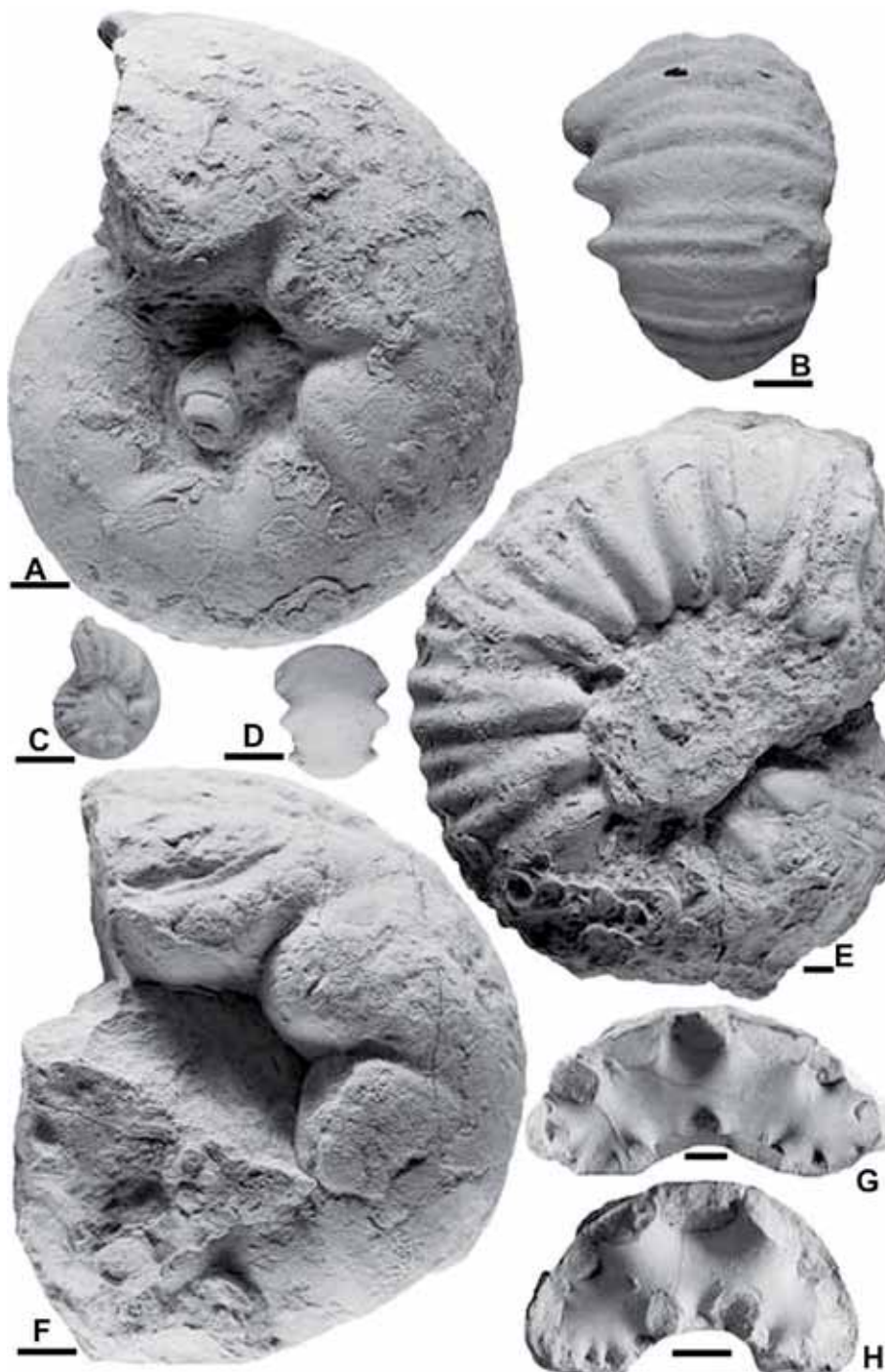


Fig. 10. A, *Roloboceras hispanicum* macroconch, lateral view of specimen RA (Ramiro Álvarez collection. Barcelona. Spain)-1 from the Tejería de Josa section. B, *Megatyloceras coronatum* macroconch, ventral view of specimen PUAB 48.174 from the Tejería de Josa section. C–D, *Megatyloceras coronatum* microconch, lateral and ventral view of juvenil specimen AG (Antoni Grauges collection. Caldes de Montbui. Barcelona, Spain)-28 from the Tejería de Josa section. E, *Roloboceras hambrovi* macroconch, lateral view of specimen PUAB 48.266 from the Tejería de Josa section. F, *Roloboceras hispanicum* macroconch, lateral view of specimen CPT-3234 from the Barranco de las Calzadas section. G, *Megatyloceras coronatum* macroconch, whorl section of specimen MGSB (Museo Geológico del Seminario Conciliar de Barcelona, Spain)- 63.960 from the Todolella section. H, *Roloboceras hispanicum* macroconch, whorl section of specimen RM (Ramiro Álvarez collection. Barcelona, Spain) -2 from the Tejería de Josa section. Scale bar: 10 mm.

the OAE 1a interval and also in other sections (Figs. 4–7), where the same species are accompanied mostly by other Roloboceratinae such as *Roloboceras hispanicum* Sornay and Marin (Fig. 10 A, F, H) and *Roloboceras transiens* Casey. The Roloboceratinae are a group of coarsely ornamented cheloniceratids that are known mainly in Western Europe and that seems to be confined to shallow environments. They are particularly well represented in southern

England, where Casey (1961a,b) and Casey et al. (1998) reported them from the middle and upper part of the Boreal *Deshayesites forbesi* Zone (equivalent to the Mediterranean *Deshayesites weissii* Zone).

Deshayesitids, the ammonite group on which the lower Aptian biostratigraphy is based, are unfortunately rare in the *Roloboceras* beds of the Iberian Chain. The scarce specimens that have been

found can be attributed to *Deshayesites forbesi* Casey (Fig. 9E) and *Deshayesites* gr. *euglyphus/spathi* Casey (Fig. 8A, D; Fig. 9A–C). These forms are also characteristic of the *Deshayesites weissi* Zone (see also Moreno and Bover, 2007 and Moreno et al., 2007).

Furthermore, the first occurrence of the species *Deshayesites deshayesi* (d'Orbigny) (Fig. 8B–C; Fig. 9D), which marks the base of the overlying zone, takes place some metres above the interval corresponding to OAE 1a in our sections. This datum agrees with the observations by Gea et al. (2003) in the Prebetic Domain (southeastern Spain), who did not find significant ammonites in the OAE 1a interval, but placed the first occurrence of *D. deshayesi* somewhat above it.

It may therefore be concluded that the beds corresponding to OAE 1a correlate with the upper part of the *D. weissi* Zone given that they contain genera such as *Roloboceras* and *Megatyloceras* that are characteristic of this zone and are below the first occurrence of *D. deshayesi*. This conclusion is also indirectly supported by the finding of some specimens of *Barremites* sp. in the upper part of the OAE 1a interval in the Barranco de las Calzadas section. In fact, the genus *Barremites* seems to become extinct in the *D. weissi* Zone (Avram, 1997; unpublished data from the Betic Cordillera).

4. Discussion

Our results contrast with those of some previously published papers that calibrate the OAE 1a interval wholly or in part with the *D. deshayesi* Zone (see Fig. 1). This can be partly explained by the fact that, as already stated, many of these age assignments are based on poorly significant ammonite data or, more frequently, on indirect correlations with other fossil groups.

This is not, however, the case of the correlation established by Moullade et al. (1998a, 1998b) and Renard et al. (2005), which was based on the ammonite data published by Ropolo et al. (2000, 2006) on the lower Aptian historical stratotype region of Cassis-La Bédoule (Provençal Platform, southeastern France). According to the isotopic curve provided by the aforementioned authors, OAE 1a would correspond to the interval between beds 146 and 157 (see also Renard et al., 2005). Although this interval was also characterized by the occurrence of some specimens of *Roloboceras*, Ropolo et al. (2000, 2006) included it in the *D. deshayesi* Zone and suggested the possibility, as Conte (1975) had previously done, of a certain degree of diachronism of the *Roloboceras* beds between southeastern France and southern England.

Nevertheless, as seen above, the *Roloboceras* beds in the Iberian Chain can undoubtedly be assigned to the *D. weissi* Zone, the same stratigraphic position as they have in southern England. Given that the *Roloboceras* beds correlate with the same portion of the $\delta^{13}\text{C}$ curve in both the Iberian Chain and southeastern France, the diachronism proposed by Conte (1975) and Ropolo et al. (2000) can be ruled out. Therefore, the differences in the age of the *Roloboceras* beds (and the stratigraphic position of the OAE 1a interval) can only be explained by divergences in the taxonomic interpretations of the *deshayesitids* in and around these beds. *Deshayesitids* are, as stated above, the key group for lower Aptian biostratigraphy but, unfortunately, their determination is not easy due to an extensive taxonomic splitting, resulting in a large number of poorly characterized, nominal species.

In our opinion, the specimens attributed to *D. deshayesi* by Ropolo et al. (2006, pl. 10, figs. 1, 2), coming from beds underlying the *Roloboceras* interval, can be reinterpreted as belonging to *D. forbesi*. Both species are, as already pointed out by Casey (1961a, 1963), fairly similar and have been frequently misidentified. However, *D. forbesi* has thicker, blunter ribs, especially in the lower part of the flanks, as shown by the French specimens. The specimens assigned to *D. dechyi* (Papp) by Ropolo et al. (2006, pl. 7, fig. 3;

pl. 8, fig. 1), coming from the same levels, are also referred to *D. forbesi*.

Moreover, the *deshayesitids* from beds 161 to 168 of Cassis-La Bédoule attributed to *Deshayesites geniculatus* Casey, *Paradeshayesites grandis* (Spath) and *Paradeshayesites* cf. *involutus* (Spath) by Ropolo et al. (2006, pl. 10, figs. 3–5; pl. 12, fig. 1) are here regarded as belonging to *D. deshayesi*. This last species, whose lectotype is a juvenile phragmocone, displays a high intraspecific variability, including a strong sexual dimorphism. According to Moreno and Company (2007), the nominal species *D. grandis*, *D. involutus*, and *D. latilobatus* (Neumayr and Uhlig) would be macroconchs of *D. deshayesi*, whereas *D. geniculatus*, *D. vectensis* Spath and *D. wiltshirei* Casey could correspond to the microconch counterpart.

In southeastern France near Le Teil, on the border of the Ardèche Platform, an interesting fauna of *Roloboceras* and *Megatyloceras* has recently been found in sandy glauconitic limestones (Moreno et al., 2007). This fauna (coll. C. Baudouin) is composed of more or less mature specimens of *R. hambrovi* (Forbes), *R. hispanicum* Sornay and Marin and *M. gr. ricordeanum* d'Orbigny, and is accompanied by numerous specimens of *Pseudohaploceras* aff. *liptoviense* (Zeuchner) and rarer *Pseudosaynella* sp., *Deshayesites consobrinus* (d'Orbigny) and *D. gr. euglyphus* Casey. These two species of *Deshayesites* allow us to date this fauna to the *Deshayesites weissi* Zone.

According to these reinterpretations of the French *deshayesitids*, the lower boundary of the *D. deshayesi* Zone in the Cassis-La Bédoule section would coincide with bed 161, where the index species has its first occurrence. As a consequence, the *Roloboceras* beds would correspond to the upper part of the *D. weissi* Zone in accordance with the age interpretation of Casey (1961a,b), Moreno and Bover (2007), Moreno et al. (2007). Therefore, it can also be concluded that the OAE 1a interval, which coincides with these *Roloboceras* beds, unequivocally correlates with the same stratigraphic level.

Acknowledgements

We thank Dr P.F. Rawson and the Associate Editor Dr C.J. Wood for their valuable suggestions. We are indebted to the “Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons social Europeu”. This study was funded by Projects CGL2005-07445-CO3-01/BTE and CGL2005-02500 (Spanish Ministry of Education and Science), and Research Group RNM-178 (Junta de Andalucía). We thank also Mr Cyril Baudouin (Montélimar, France) who has allowed us to study his collection of *Roloboceratidae* from Ardèche.

References

- Aguado, R., Company, M., Sandoval, J., Tavera, J.M., 1997. Biostratigraphic events at the Barremian/Aptian boundary in the Betic Cordillera, southern Spain. *Cretaceous Research* 18, 309–329.
- Aguado, R., Castro, J.M., Company, M., Gea, G.A. de, 1999. Aptian bio-events and integrated biostratigraphic analysis of the Almadich Formation, Inner Prebetic Domain, SE Spain. *Cretaceous Research* 20, 663–683.
- Avram, E., 1997. *Barremites*, new genus of the family Eodesmoceratidae Wright, 1995 (Ammonitina). *Acta Palaeontologica Romaniaae special volume* 1, 176–179.
- Bellanca, A., Erba, E., Neri, R., Premoli-Silva, I., Sprovieri, M., Tremolada, F., Verga, D., 2002. Palaeoceanographic significance of the Tethyan Livello Selli (early Aptian) from the Hybla Formation, northwestern Sicily: biostratigraphy and high-resolution chemostratigraphic records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 185, 175–196.
- Bréhéret, J.G., 1994. The Mid-Cretaceous organic-rich sediments from the Vocontian Zone of the French Southeast Basin. In: Mascle, A. (Ed.), *Hydrocarbon and Petroleum Geology of France*. European Association of Petroleum Geoscientists Special Publication, 4, pp. 295–320.
- Bréhéret, J.G., 1995. L'Aptien et l'Albien de la Fosse Vocontienne (des bordures au bassin). Evolution de la sédimentation et enseignements sur les événements anoxiques, 25. Société Géologique du Nord, Publication, 614pp.
- Canérot, J., Cuny, P., Pardo, G., Salas, R., Villena, J., 1982. Ibérica Central-Maestrazgo. In: *El Cretácico de España*. Universidad Complutense de Madrid, pp. 273–344.

- Casey, R., 1961a. The stratigraphical palaeontology of the Lower Greensand. *Palaeontology* 3, 487–621.
- Casey, R., 1961b. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part III. Palaeontographical Society, London. 119–216.
- Casey, R., 1963. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part V. Palaeontographical Society, London. 289–398.
- Casey, R., Bayliss, H.M., Simpson, M.I., 1998. Observations on the lithostratigraphy and ammonite succession of the Aptian (Lower Cretaceous) Lower Greensand of Chale Bay, Isle of Wight, UK. *Cretaceous Research* 19, 511–535.
- Conte, G., 1975. Une ammonite peu commune, *Roloboceras* sp. dans l'Aptien de La Bédoule, Bouches-du-Rhône. *Géologie Méditerranéenne* 2, 105–110.
- Erba, E., 1996. The Aptian stage. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre* 66 (Supplement), 31–43.
- Erba, E., Channell, J.E.T., Claps, M., Jones, C., Larson, R., Opdyke, B., Premoli Silva, I., Riva, A., Salvini, G., Torricelli, S., 1999. Integrated stratigraphy of the Cismon APTICORE (Southern Alps, Italy): a "reference section" for the Barremian–Aptian interval at low latitudes. *Journal of Foraminiferal Research* 29, 371–391.
- Gea, G.A. de, Castro, J.M., Aguado, R., Ruiz-Ortiz, P.A., Company, M., 2003. Lower Aptian carbon isotope stratigraphy from a distal carbonate shelf setting: the Cau section, Prebetic Zone, SE Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 200, 207–219.
- Landra, G., Cecca, F., Vašíček, Z., 2000. Early Aptian ammonites from the top of the Maiolica and the anoxic "Selli level" (Lombardy, Southern Alps). *Bulletino della Società Paleontologica Italiana* 39, 29–45.
- Magniez-Janin, F., Bréhéret, J.G., Delanoy, G., 1997. Un exemple de spéciation lié à l'eustatisme: l'apparition précoce de *Schakoina cabri* (foraminifère planctonique mésogéen). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Sciences de la Terre et des Planètes* 325, 225–230.
- Martínez, R., Grauges, A., Salas, R., 1994. Distribución de los ammonites del Cretácico inferior de la Cordillera Costera Catalana e Ibérica Oriental. *Cuadernos de geología ibérica* 18, 337–354.
- Menegatti, A.P., Weissert, H., Brown, R.S., Tyson, R.V., Farrimond, P., Strasser, A., Caron, M., 1998. High-resolution $\delta^{13}\text{C}$ stratigraphy through the early Aptian "Livello Selli" of the Alpine Tethys. *Paleoceanography* 13, 530–545.
- Moreno, J.A., Bover, T., 2007. Precisiones sobre la edad, mediante ammonioideos, de la Fm. Margas del Forcall, Aptiense inferior, en la subcuena de Galve (Teruel, España). In: Braga, J.C., Checa, A., Company, M. (Eds.), XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (Caravaca de la Cruz, 3–6 de Octubre de 2007), Libro de resúmenes. Instituto Geológico y Minero de España y Universidad de Granada, Granada, pp. 151–152.
- Moreno, J.A., Company, M., 2007. Caracterización de dimorfismo morfodimensional en Deshayesites deshayesi (Leymerie in d'Orbigny) (Ancyloceratina, Ammonoidea). In: Braga, J.C., Checa, A., Company, M. (Eds.), XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (Caravaca de la Cruz, 3–6 de Octubre de 2007), Libro de resúmenes. Instituto Geológico y Minero de España y Universidad de Granada, Granada, pp. 153–154.
- Moreno, J.A., Company, M., Delanoy, G., Grauges, A., Martínez, R., Salas, R., 2007. Precisiones sobre la edad, mediante ammonioideos y nautiloideos, de la Fm. Margas del Forcall en la subcuena de Oliete (Cadena Ibérica, España). *Geogaceta* 42, 75–78.
- Moreno-Bedmar, J.A., Bulot, L., Latil, J.L., Martínez, R., Ferrer, O., Bover-Arnal, T., Salas, R., 2008a. Precisiones sobre la edad de la base de la Fm. Escucha, mediante ammonioideos, en la subcuena de la Salzedella, Cuenca del Maestrat (E Cordillera Ibérica). *Geo-Temas* 10, 1269–1272.
- Moreno-Bedmar, J.A., Bover-Arnal, T., Salas, R., Company, M., 2008b. The early Aptian oceanic anoxic event in the Maestrat Basin (NE Iberian Chain). *Geo-Temas* 10, 159–162.
- Moullade, M., Kuhnt, W., Bergen, J.A., Masse, J.P., Tronchetti, G., 1998a. Correlation of biostratigraphic and stable isotope events in the Aptian historical stratotype of La Bédoule (southeast France). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Sciences de la Terre et des Planètes* 327, 693–698.
- Moullade, M., Masse, J.P., Tronchetti, G., Kuhnt, W., Ropolo, P., Bergen, J.A., Masure, E., Renard, M., 1998b. Le stratotype historique de l'Aptien inférieur (région de Cassis-La Bédoule, SE France): synthèse stratigraphique. *Géologie Méditerranéenne* 25, 289–298.
- Mutterlose, J., 1998. The Barremian–Aptian turnover of biota in northwestern Europe: evidence from belemnites. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 144, 161–173.
- Mutterlose, J., Böckel, B., 1998. The Barremian–Aptian interval in NW Germany: a review. *Cretaceous Research* 19, 539–568.
- Ogg, J.G., Agterberg, F.P., Gradstein, F.M., 2004. The Cretaceous period. In: Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.G. (Eds.), *A geologic time scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 344–383.
- Reboullet, S., Hoedemaeker, P.J., Aguirre-Urreta, M.B., Alsen, P., Atrops, F., Baraboshkin, E.Y., Company, M., Delanoy, G., Dutour, Y., Klein, J., Latil, J.L., Lukeneder, A., Mitta, V., Mourgues, F.A., Ploch, I., Raisossadat, N., Ropolo, P., Sandoval, J., Tavera, J.M., Vašíček, Z., Vermeulen, J., 2006. Report on the 2nd International meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Neuchâtel, Switzerland, 8 September 2005). *Cretaceous Research* 27, 712–715.
- Renard, M., Rafélis, M.de, Emmanuel, L., Moullade, M., Masse, J.P., Kuhnt, W., Bergen, J.A., Tronchetti, G., 2005. Early Aptian $\delta^{13}\text{C}$ and manganese anomalies from the historical Cassis-La Bédoule stratotype sections (S.E. France): relationship with a methane hydrate dissociation event and stratigraphic implications. *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology Article* 2005/04, 1–18.
- Ropolo, P., Conte, G., Gonnet, R., Masse, J.P., Moullade, M., 2000. Les faunes d'Ammonites du Barrémien supérieur/Aptien inférieur (Bédoulien) dans la région stratotypique de Cassis-La Bédoule (SE France): état des connaissances et propositions pour une zonation par Ammonites du Bédoulien-type. *Géologie Méditerranéenne* 25 (1998), 167–175.
- Ropolo, P., Moullade, M., Gonnet, R., Conte, G., Tronchetti, G., 2006. The Deshayesitidae Stoyanov, 1949 (Ammonoidea) of the Aptian historical stratotype region at Cassis-La Bédoule (SE France). *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology Memoir* 2006/01, 1–46.
- Salas, R., Martín-Closas, C., Querol, X., Guimerà, J., Roca, E., 1995. Evolución tectosedimentaria de las cuencas del Maestrazgo y Aliaga-Penyagolosa durante el Cretácico inferior. In: Salas, R., Martín-Closas, C. (Eds.), *El Cretácico inferior del Nordeste de Iberia*. Publicacions de la Universitat de Barcelona, p. 153.
- Salas, R., Guimerà, J., Mas, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A., Alonso, A., 2001. Evolution of the Mesozoic central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian chain). In: Ziegler, P.A., Cavazza, W., Robertson, A.H.F., Crasquin-Soleau, S. (Eds.), *Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins*. Mémoires du Museum National d'Histoire naturelle 186, 145–185.
- Salas, R., Martín-Closas, C., Delcòs, X., Guimerà, J., Caja, M.A., Mas, R., 2005. Factores principales de control de la sedimentación y los cambios bióticos durante el tránsito Jurásico-Cretácico en la Cadena Ibérica. *Geogaceta* 38, 15–18.
- Skelton, P., 2003. Rudist evolution and extinction - a north African perspective. In: Gili, E., et al. (Eds.), *North African Cretaceous Carbonate Platform Systems*. Kluwer Academic Publishers, pp. 215–227.
- Weisser, B., 1959. Acerca de la estratigrafía del Urgo-Aptense en las cadenas Celtibéricas de España. *Notas y comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España* 55, 17–32.

TO WHOM MAY CONCERN

The article “(LOWER APTIAN AMMONITE BIOSTRATIGRAPHY IN THE MAESTRAT BASIN EASTERN IBERIAN CHAIN, SPAIN)” by J.A. MORENO-BEDMAR ET AL. has been accepted for publication in Geologica Acta. The article may appear in volume 8, 2010.

Signed :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'L. Cabrera', is centered on the page. The signature is fluid and cursive, with a large initial 'L' and a stylized 'C'.

Lluís Cabrera
Scientific Editor

Resum

Aquest treball analitza la distribució estratigràfica dels ammonits recol·lectats a l'Aptià inferior de la Conca del Maestrat (Est d'Espanya). La successió de fauna obtinguda, mitjançant un mostreig sistemàtic de deu seccions seleccionades localitzades en diferents subconques, ha permès identificar fins a quatre unitats biostratigràfiques que de base a sostre són: *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*. Aquestes biozones són directament correlacionables amb la biozonació mediterrània estàndard.

També s'analitza la informació biocronològica essencial per datar de forma acurada les diferents unitats litostratigràfiques incloses en l'interval estudiat. Així doncs la part superior de la Formació Xert s'atribueix a l'Aptià inferior més baix, biozona *Deshayesites oglanlensis*. La Formació Forcall, que és la que presenta quasi la totalitat del registre d'ammonits, té una edat de pràcticament tot l'Aptià inferior. La part mitjana i baixa de la Formació Forcall [membres Cap de Vinyet i Barra de Morella] es corresponen a la part superior de la biozona *Deshayesites oglanlensis* i la part inferior de la biozona *Deshayesites forbesi*. La base del Membre Morella la Vella [part superior de la Formació Forcall] inclou el registre local del *Oceanic Anoxic Event* 1a [OAE 1a] i és correlacionable amb l'horitzó de *Roloboceras hambrovi*, part mitjana/alta de la biozona *Deshayesites forbesi*. El límit entre les formacions Forcall i Villarroya de los Pinares és diacrònic i varia depenent de la subconca. La base de la Formació Villarroya de los Pinares s'ha datat com part mitjana/alta de la biozona *Dufrenoyia furcata* en les subconques de Galve, Perelló i Salzedella.

Lower Aptian ammonite biostratigraphy in the Maestrat Basin (Eastern Iberian Chain, Eastern Spain). A Tethyan transgressive record enhanced by synrift subsidence

MORENO-BEDMAR, J.A.⁽¹⁾ COMPANY, M.⁽²⁾ BOVER-ARNAL, T.⁽³⁾ SALAS, R.⁽¹⁾ DELANOY, G.⁽⁴⁾ MAURRASSE, F.J.⁽⁵⁾ GRAUGES, A.⁽⁶⁾ MARTÍNEZ, R.⁽⁶⁾

⁽¹⁾ **Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona**

Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona, Spain. Moreno-Bedmar E-mail: j.a.moreno@ub.edu Salas E-mail: ramonsalas@ub.edu

⁽²⁾ **Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada**

Avenida Fuentenueva s/n, 18002 Granada, Spain. E-mail: mcompany@ugr.es

⁽³⁾ **Abteilung Geologie, Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Universität Bayreuth, Universitätsstr**

30, D-95440, Bayreuth, Germany. E-mail: Telm.Bover@uni-bayreuth.de

⁽⁴⁾ **Département des Sciences de la Terre, Université de Nice-Sophia Antipolis**
28 Avenue Valrose F-06100 Nice, France. E-mail: gerard.delanoy06@orange.fr

⁽⁵⁾ **Department of Earth Sciences, Florida International University**

11200 S.W. 8th street, Miami, FL 33199, United States

E-mail: maurrass@fiu.edu

⁽⁶⁾ **Departament de Geologia (Paleontologia). Universitat Autònoma de Barcelona**

Edifici C. 08193-Bellaterra, Spain. Grauges E-mail: antonigrauges@hotmail.com

Martínez E-mail: Ricard.Martinez@uab.cat

ABSTRACT

The present paper analyses the stratigraphic distribution of ammonites collected in the Lower Aptian sediments of the Maestrat Basin (E Spain). The faunal successions obtained from the systematic sampling of ten selected sections located in several sub-basins led us to identify four biostratigraphic units (from base to top: *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites*

deshayesi and *Dufrenoyia furcata* Zones) that are directly correlatable with the current Mediterranean standard zonation.

This study further provides essential biochronologic information to accurately date the different lithostratigraphic units included in the interval studied. Thus, the upper part of the Xert Formation can be tentatively attributed to the lowermost Aptian (*D. oglanlensis* Zone). The Forcall Formation, which has yielded most of the ammonites, practically extends within most of the Lower Aptian. Its lower and middle parts (Cap de Vinyet and Barra de Morella Members) correspond to the upper part of the *D. oglanlensis* Zone and the lower part of the *D. forbesi* Zone, respectively. The base of the Morella la Vella Member (upper part of the Forcall Formation) includes the local record of Oceanic Anoxic Event 1a (OAE 1a) and correlates with the *Roloboceras hambrovi* horizon (middle/upper part of the *D. forbesi* Zone). The boundary between the Forcall Formation and the Villarroya de los Pinares Formation is diachronous and varies depending on the sub-basins. The base of the Villarroya de los Pinares Formation can be dated as the middle-upper part of the *D. furcata* Zone in the Galve, Perelló and Salzedella sub-basins.

KEYWORDS Ammonoids. Lower Aptian. Biostratigraphy. Maestrat Basin. E Spain.

INTRODUCTION

Our knowledge of the Lower Aptian ammonoids in the Mediterranean Tethys has improved considerably during the last two decades. Most recent published papers concerning aspects of ammonite biostratigraphy and taxonomy from this stratigraphic interval include the Trans-Caspian area (Bogdanova and Tovbina, 1994; Bogdanova and Prozorovsky, 1999; Cecca et al., 1999a); Roumania (Avram, 1995, 1999; Avram and Melinte, 1998), Bulgaria (Ivanov and Stoykova, 1998); Czech and Slovak Republics (Vašíček, 1995, 2008; Vašíček et al., 2004); Austria (Vašíček and Summesberger, 2004); northern Italy (Cecca and Landra, 1994); southeastern France (Delanoy, 1995, 1997; Cecca et al., 1999b, 2000; Dauphin, 2002; Ropolo et al., 1999, 2000a, 2000b, 2000c, 2006, 2008a, 2008b; Dutour, 2005); and southeastern Spain (Aguado et al., 1997). These works have contributed, to a greater or lesser extent, to the elaboration of the successive versions of the standard Mediterranean zonations (see Reboulet and Klein et al., 2009).

The occurrence of Lower Aptian ammonoids in the Iberian Chain (Eastern Spain) has been known since the middle 19th century (Vilanova, 1859; 1863, and Coquand, 1865). Most recently, several preliminary short papers have been published on the area (Moreno, 2007; Moreno et al., 2007; Moreno-Bedmar et al., 2008, 2009), however a comprehensive work on the ammonite successions of this age is still lacking. In this work, we analyze the Lower Aptian mediterranean ammonoid record of the Maestrat Basin (Eastern Spain) and provide the results of an extensive and detailed biostratigraphic study based on the analysis of ammonite distribution in ten selected sections located throughout the Maestrat Basin (Fig. 1B-C). We were able to identify all the biostratigraphic units usually recognized as being associated with the Early Aptian ammonite zonation. As discussed in the text below, some taxonomic discrepancies led us to further reconsider some definition and correlation problems not fully resolved in

the current standard zonation. Also, this study enabled us to accurately date and correlate the lithostratigraphic units and their lateral equivalents that yielded the ammonite fauna in the studied area.

GEOLOGICAL SETTING

The study area is located in the Maestrat Basin. This basin was a significant embayment opened to the Tethyan Alpine area, which was invaded by an epeiric sea during the Late Jurassic-Early Cretaceous time span. From the faunistic point of view, this basin was located in the eastern part of the Boreal region (Anglo-Paris Basin, Lower Saxony Basin and the Polish Basin) and the southern part of other important Mediterranean basins such as the Vocontian Basin (Fig. 1A).

The Maestrat Basin is located in the eastern part of the Iberian Chain (Eastern Spain, Fig. 1B). The Iberian Chain developed by inversion of Mesozoic rifts during the Palaeogene. The Maestrat Basin was one of these rifts, which developed during the Late Jurassic-Early Cretaceous rifting phase related to the opening of the Central Atlantic and North Atlantic domains (Salas and Casas, 1993; Salas et al., 2001). This rifting stage controlled the evolution of the Maestrat Basin, and structured the basin into four main fault zones and a number of sub-basins (Fig. 1B, Salas and Guimerà, 1996). In this paper we study ten sections within six sub-basins (Fig. 1B-C and Fig 2). The climax of rifting during the Lower Aptian coincides with deposition of the Xert and Forcall Formations (Figs. 2 and 3). Thus, during this time interval, the fault-controlled rapid syn-rift subsidence was the most important factor in producing accommodation space (see also Bover-Arnal et al., in press). This interval of rapid subsidence also coincided

with the broad Tethyan transgression well-documented in the Early Aptian (see references in Bover-Arnal et al., in press), especially in the Forcall Fm. In fact, this formation represents the most transgressive deposits composed of relatively deep water hemipelagic sediments, as suggested by the fossil assemblage within a marly succession, embedded between platform carbonates (Xert and Villarroya de los Pinares formations, respectively; Fig. 2). In addition, the onset of Oceanic Anoxic Event 1a is situated close to the maximum flooding interval of the widespread Tethyan transgression. Later, during uppermost Lower and Middle Aptian, a slow subsidence interval (Fig. 3) corresponds with an important marine regression. Hence, the available accommodation space was drastically reduced, favouring the development of shallow-water carbonate platforms with typical Urgonian biotic associations, characterized by rudist bivalves, orbitolinids and corals, belonging to the upper part of the Villarroya de los Pinares and Benassal formations (Bover-Arnal et al., in press).

LOWER APTIAN STRATIGRAPHY

The Lower Aptian stratigraphic framework in the Maestrat Basin (Fig. 2) is composed of seven lithostratigraphic units with the rank of formations: i) Arcillas de Morella, ii) Margas de Cervera del Maestrat, iii) Calizas y margas de Xert, iv) Calizas de Alacón, v) Margas del Forcall, vi) Calizas de Villarroya de los Pinares, and vii) Calizas de Oliete (Canérot et al., 1982; Salas, 1987; Salas et al., 2001).

The Arcillas de Morella Formation (Canérot et al., 1982, pp. 284-285) overlies the shallow-water carbonate and siliciclastic deposits of the Calizas y margas de les Artoles Formation (Salas, 1987, pp. 189-191) of Barremian age (Canudo et al., 1996). This unit

is up to 200 m thick and consists of red clays and continental sandstones with some marine intercalations, particularly in its higher part, deposited in an estuarine-delta complex. In the eastern part of the basin (Salzedella sub-basin), the continental sediments of the Morella Formation change to marine marls of the margas de Cervera del Maestrat Formation (Canérot et al., 1982, pp. 283-284). The geomagnetic polarity interval M0r has been identified within these marls, dating the earliest Aptian (Salas et al., 2005).

Both Morella and Cervera del Maestrat Formations gradually change upwards to the Calizas y margas de Xert Formation (originally misspelled by Canérot et al., 1982, pp. 285-286, as Chert Formation). This is up to 250 m thick and composed of sandstones, sandy limestones with rudists and corals, and orbitolinid marls deposited in an infralitoral environment. Ammonoids are very scarce in this formation, and only one specimen indicating a lowermost Aptian age has been found (see below). In the western, outermost part of the Basin (Oliete sub-basin), this stratigraphic interval is represented by a shallower-water carbonate deposit called Calizas de Alacón Formation (Canérot et al., 1982, pp. 301-302).

The Margas del Forcall Formation (Canérot et al., 1982, pp. 286-288) consists of alternating marls, marly limestones, limestones and silty/sandy limestones with abundant orbitolines and ammonoids. This unit corresponds to a deeper and more open marine environment. Many authors have referred to this formation as “Margas con *Plicatulas*”, due to the fact that the bivalve *Plicatula placunea* Lamarck is abundant in, and seems restricted to, these marls. The Forcall Formation is Lower Aptian in age. This unit is separated from the underlying Xert Formation by a hardground, surface of discontinuity related to a general rapid sea level rise associated with regional drowning.

This marly unit has been divided into three members (Canérot et al., 1982, p. 287) as shown in fig. 2. The lower one, or Margas de Cap de Vinyet (originally misspelled as “Cap de Biñet” by Canérot et al., 1982) is made up of yellowish marls and marly limestones, which have provided some rare ammonoids. The middle member, Barra de Morella, is a set of thick bioclastic limestone beds devoid of ammonoids. The upper member, or Margas de Morella la Vella, is mainly constituted of dark, clayey marls with some sparse limestone beds, and a good ammonite record of the middle part of the Lower Aptian.

The Margas del Forcall Formation shows its best and more complete outcrops, and maximum thickness in the Morella and Galve sub-basins (200 and 180 metres, respectively). The lowermost part of the Morella la Vella Member in the Morella sub-basin contains a remarkable feature that consists of a distinct beige-colored indurated bed, up to 2 meters thick, that has provided a rich ammonite association characterized by the presence of roloboceratids (Fig. 4). This bed also marks the base of the stratigraphic interval corresponding to the local record of OAE 1a (Moreno-Bedmar et al., 2008, 2009). The lateral equivalent of this bed in the Galve sub-basin is a coral rubble bank, up to 5 meters thick, incrustated with *Lithocodium* and *Bacinella* (Fig. 5).

The three members of the Margas del Forcall Formation have also been recognized in the Penyagolosa and Salzedella sub-basins, but only the upper one shows good outcrops. In the Penyagolosa sub-basin, this marly upper member includes, in its lower part, a distinct bar, up to 10 metres thick, of dolomitized limestone beds with ammonite fauna indicating the *Deshayesites deshayesi* Zone (Fig. 6).

In the Aliaga and Oliete sub-basins, which underwent a reduced accommodation space, the lower and middle members of the Forcall Formation are lacking and only an equivalent deposit of the Morella la Vella Member is present, reaching a thickness of nearly 40 metres. A well-developed hard-ground separating the base of this member from the underlying Alacón Formation can be seen in several sections of the Oliete sub-basin. Just above the hard-ground, or somewhat higher, a characteristic reddish nodular limestone, less than 40 cm thick, has provided abundant, incipiently reworked nautiloids and ammonoids (Moreno et al., 2007) (Fig. 9).

The upper limit of the Margas del Forcall Formation intergrades with the Calizas de Villarroya de los Pinares Formation (Canérot et al., 1982, pp. 288-289), which reaches a maximum thickness of 300 meters and consists essentially of varying beds of limestones with rudists and corals, oolites and bioclasts, and orbitolinid marls. The ammonite faunas associated with the Villarroya de los Pinares Formation indicate that the deposit is distinctly diachronous (Fig. 2) from west to east. Its oldest occurrence in the western part of the Maestrat basin (Oliete sub-basin) starts around the boundary between the *Deshayesites forbesi* and *Deshayesites deshayesi* Zones, and is represented by the lateral equivalent Calizas de Oliete Formation (Canérot et al., 1982, pp. 302-304). The youngest record of the base of the Villarroya de los Pinares Formation occurs in the eastern and deeper part of the basin where it correlates with the upper half of the *Dufrenoyia furcata* Zone. Only rare ammonoids from the uppermost Lower Aptian, upper part of *Dufrenoyia furcata* Zone, have been found in the Galve, Salzedella and Perelló Sub-basins (Figs. 5, 7-8). The youngest levels of the Villarroya de los Pinares Formation reach the lower part of the Middle Aptian in some parts of the Basin. This age assignment is based on the record of the caprinid rudist extinction event that characterizes the boundary between the Early and Middle Aptian (Skelton, 2003).

PREVIOUS WORKS

The first reports of Lower Aptian cephalopods in the Maestrat Basin are from the publications of Vilanova (1859, 1863) and Coquand (1865). These authors described and figured a number of species of ammonoids and nautiloids, including some new forms, of this age coming from several localities of the Teruel and Castellón provinces.

Weisser (1959) studied some sections of the Galve sub-basin, which yielded a few ammonoids, and was the first to present a rudimentary biostratigraphic scheme of the Aptian stage of the Iberian range. He recognized a lower Bedoulian with *D. weissii*, and an upper Bedoulian with *D. deshayesi*.

Wiedmann (1965) presented an essay of correlation for the entire Lower Cretaceous of the Iberian Peninsula. He subdivided the Lower Aptian of the Maestrat Basin into two units. The lower unit (designated as ‘Deshayesitien’) would be characterized by the presence of *D. weissii* and *D. consobrinus*. In the upper unit (designated as ‘Rolobocératien’) he mentioned, among others, several species of *Roloboceras*, *Cheloniceras*, *Deshayesites* and *Dufrenoyia*.

Marín and Sornay (1971), in a synthetic short note on the Aptian stratigraphy of the Maestrazgo Basin, rejected the proposal discussed by Wiedmann (1965), and attributed the “marnes à Plicatules” (equivalent to the Margas del Forcall Formation) to the entire Bedoulian and locally to the base of the Gargasian. Shortly thereafter, these authors (Sornay and Marín, 1972) published a detailed study of the Tejería de Josa

section (Oliete Sub-Basin), where they described and illustrated an interesting fauna of roloboceratids from the base of the local equivalent of the “marnes à Plicatules”.

Canérot (1974) listed some ammonoids from the same formation that he ascribed to middle-upper Bedoulian. Murat (1983), in a study of the Oliete Sub-basin, correlated the whole Forcall Formation with the *Deshayesites forbesi* Zone of Casey (1961), on the basis of the occurrence of the genus *Roboceras* throughout the formation in this area. Also, in the framework of regional geologic surveys, Neumann (1987) attributed the Forcall Formation to the *Deshayesites forbesi* and *Deshayesites deshayesi* Zones, whereas Salas (1987) assigned the formation to the *Deshayesites deshayesi* and *Tropaeum bowerbanki* Zones of the boreal zonation proposed by Casey (1961).

Martínez et al., (1994), undertook further sampling in the Maestrat Basin and the Catalan Coastal Range in order to complement existing materials available from previous collections for a detailed analysis of the Lower Cretaceous ammonite succession in these areas. In the Lower Aptian, Forcall Formation, they recognized the *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi* and *Tropaeum bowerbanki* Zones of the zonal scheme proposed by Casey (1961).

Moreno (2007) reviewed the taxonomy of some deshayesitids from the *Deshayesites deshayesi* Zone of the Morella sub-basin, and Moreno et al., (2007) provided further precision concerning the age of the Margas del Forcall Formation in the Oliete sub-basin. In the latest work, Moreno-Bedmar et al., (2009) recognized the Oceanic Anoxic Event 1a (OAE 1a) in the Oliete, Galve and Morella sub-basins, where it is correlated with the upper part of the *Deshayesites weissii* Zone.

MATERIAL AND METHODS

The study includes about 2000 specimens of ammonoids collected essentially by the first author during the years 2006-2009 from numerous Lower Aptian outcrops in the Maestrat Basin. Ammonoids are generally rare and sparsely distributed throughout the interval studied, especially in its lower part. Only a few individual beds yielded abundant material. The ten most suitable sections that showed best exposure and stratigraphic record were selected for detailed study of ammonite temporal succession and their systematics on a bed-by-bed sampling program.

The location of these sections is shown in Figure 1, and includes the following: Cap de Vinyet, Mas Segura, Todoella and Mas del Roc in the Morella Sub-basin (Fig. 4); Barranco de las Calzadas in the Galve Sub-basin (Fig. 5); Mas Agustina in the Penyagolosa Sub-basin (Fig. 6); Mola Murada in the Salzedella Sub-basin (Fig. 7); Caladels Moros in the Perelló Sub-basin (Fig. 8) and Tejería de Josa and Barranco Emilia in the Oliete Sub-basin (Fig. 9).

Materials collected from these sections were supplemented with specimens deposited in the collections of the Museu Geològic del Seminari de Barcelona (MGSB), the Universitat Autònoma de Barcelona (PUAB), and Museu Paleontològic Juan Cano Forner in Sant Mateu (Valencia region), as well as various specimens from several private collections.

All ammonite specimens collected during the present study have been deposited in the permanent collections of either the Museu de Valltorta (MV), Region of Valencia,

or the Conjunto Paleontológico de Teruel (CPT), Aragón, in fulfillment of the clauses specified in the permissions obtained for collecting paleontological material in the study areas.

TAPHONOMIC ASPECTS

The ammonoids are preserved as internal molds, calcareous moulds and pyritized ammonoids are only abundant in some beds. In the Maestrat Basin, the ammonoids are not reworked except in one bed of the Oliete sub-basin (samples BEO1-1 and TJO1-1, correspond to the same bed in the different sections, see fig. 9). The limestone bed (samples BEO1-1 and TJO1-1) from the basal part of the Margas de Forcall Formation in the Oliete sub-basin is distinctive by the abundance of ammonite species and reworked specimens in both sections (Moreno et al., 2007). Most ammonoid and nautiloid specimens collected at that level have been determined to be reworked because they are partially worn out, and small oysters and serpulids are encrusting the internal molds of the cephalopods. Since these assemblages are condensed and partially accumulated as a lag deposit, there may be mixing of taxa, therefore caution is advised in the interpretation of the biozones. However, in the Barranco Emilia section, *Megatyloceras coronatum* (Rouchadzé) is found in the bed with reworked specimens, but also occurs as non-reworked specimens at younger levels in beds BEO1-2 and 3 (Fig. 9B). Since *M. coronatum* ranges in an interval below the first appearance of *Deshayesites deshayesi*, these specimens thus corroborate the stratigraphic position of the limestone bed as well as BEO1-2 and 3 below that zone, and within the infrajacent *Roloboceras hambrovi* subzone. It is conceivable that the deposits in the lower part of *Roloboceras hambrovi* sub-zone are reduced, as shown by the condensed bed, but the presence of the zone is

confirmed by *M. coronatum* in normal stratigraphic succession. Furthermore, the $\delta^{13}\text{C}$ positive excursion correlative with the onset of OAE1a occurs within the level with *Megatyloceras coronatum*, thus substantiating the stratigraphic position of this event within the *Roloboceras hambrovi* zone (Moullade et al., 2000; Renard et al., 2005; Moreno-Bedmar et al., 2008, 2009; and others).

AMMONITE BIOSTRATIGRAPHY

Our analysis of the stratigraphic distribution of the ammonite species identified in the Lower Aptian of the Maestrat Basin allowed us to establish a detailed faunal succession that can be easily correlated with the current standard Mediterranean Zonation, (Reboulet and Klein et al., 2009) see fig. 10. We have differentiated four zones, all of which can be considered as interval zones whose lower boundary is defined by the first occurrence of the index species, and their upper boundary coincides with the base of the superjacent zone. Each zone is also characterized by a diagnostic ammonite assemblage, which permits identification even in absence of the index species.

Deshayesites oglanlensis Zone

Definition and characterization: The lower boundary of this zone is defined by the first appearance of *Deshayesites oglanlensis* Bogdanova. This zone was proposed by Raissosadat (2002) and adopted in the subsequent versions of the standard zonation (Hoedemaeker and Reboulet et al., 2003; Reboulet and Hoedemaker et al., 2006; Reboulet and Klein et al., 2009). It was introduced to replace the former *Deshayesites tuarkyricus* Zone, because of the restricted geographic distribution of this latter index species.

Discussion: The *Deshayesites oglanlensis* Zone has hardly been identified in the studied sections. Ammonite specimens attributable to this interval are very scarce (Fig. 11). Only three specimens were available for diagnosis, one from the Salzedella Sub-basin and two from the Morella Sub-basin. The specimen from the Salzedella Sub-basin belongs to the private collection of Francisco Roig (Benassal, Region of Valencia). It is poorly preserved, but can be determined with little doubt as *Procheloniceras* sp. The stratigraphic range of taxa of the genus *Procheloniceras* extends from the uppermost Barremian (*Martelites sarasini* Subzone) up to the lowermost part of the *Deshayesites weissi* Zone (Delanoy, 1995, 1997; Ropolo et al., 2008b), which is biostratigraphically coeval with the *Deshayesites forbesi* Zone. The specimen in our study comes from the Xert Formation, which overlies the Cervera del Maestre Formation containing the geomagnetic polarity interval M0r (Fig. 1). Since this geomagnetic polarity interval marks the base of the Aptian (Erba, 1996), an uppermost Barremian age can be ruled out for this specimen.

One of the specimens from the Cap de Vinyet Member, has been determined as *Deshayesites antiquus* Bogdanova (Fig. 12A) is a characteristic form of this Zone. The other specimen from the Morella Sub-basin is attributed to *Deshayesites luppovi* Bogdanova (Fig. 12B). It was found in the middle part of the Cap de Vinyet Member in the Mas de Segura section (Fig. 4B), about 20 meters below the first appearance of the species *Deshayesites forbesi* Casey, which characterizes the next zone. The species *D. luppovi* was originally reported (Bogdanova, 1979, 1983) from the *Deshayesites tuarkyricus* Zone (= *Deshayesites oglanlensis* Zone) and the lower part of the *Deshayesites weissi* Zone in Turkmenistan. This stratigraphic distribution has been subsequently corroborated by Bogdanova and Prozorovsky (1999), Bogdanova and

Mikhailova (2004) and García-Mondéjar et al., (2009). However, Avram (1999) and Cecca et al., (1999a) found this species only in the *Deshayesites weissii* Zone, whereas Ropolo et al., (1999, 2000 a-c, 2006) recorded it exclusively in the *Deshayesites oglanlensis* Zone.

Delanoy (1995, 1997) and Aguado et al., (1997) reported the occurrence of a bed containing abundant specimens and fragments of a form that seems very close to *D. luppovi* from several sections in SE France and SE Spain. Delanoy (1995, 1997) assigned these specimens to *Deshayesites* sp., whereas Aguado et al., (1997) identified them as *D. cf. luppovi*. This form occurred between the assemblage constituted by specimens of *Kutatissites* and *Procheloniceras* with deshayesitids characteristic of the *Deshayesites oglanlensis* Zone, and the fauna that clearly belongs to the *Deshayesites weissii* Zone. These authors placed this form in the upper part of the *Deshayesites oglanlensis* Zone, and we tentatively attribute a similar stratigraphic position to our specimens from the Maestrat Basin.

***Deshayesites forbesi* Zone**

Definition and characterization: In this paper we use the base of this zone to coincide with the first local occurrence of the index species. This biostratigraphic unit was used for the first time by Casey (1961) who listed several species of *Deshayesites*, *Roloboceras* and *Megatyloceras* as its main faunal characteristic. The succession of the *Deshayesites* species allowed Casey (1961) and Casey et al., (1998) to further subdivide the zone into four subzones, from oldest to youngest: *Deshayesites fittoni*, *Deshayesites kiliani*, *Deshayesites callidiscus*, and *Deshayesites annelidus* Subzones.

The *Deshayesites forbesi* Zone was recognized in most of the sections studied in the Maestrat Basin, (Figs. 4-5, 9), although complete exposures are rare and only visible in some sections of the Morella and Galve Sub-basins. In these areas, the *Deshayesites forbesi* Zone comprises the upper part of the Cap de Vinyet Member, the Barra de Morella Member and the basal part of the Morella la Vella Member of the Margas del Forcall Formation. Ammonoids are scarce in the upper part of the Cap de Vinyet Member, where only some specimens of *Deshayesites cf. forbesi* Casey, *Deshayesites cf. kiliani* Spath, and *Deshayesites sp.* have been found, and completely absent in the Barra de Morella Member. However, in the Morella, Galve and Oliete Sub-basins, the lower part of the superjacent Morella la Vella Member yielded a rich and well diversified ammonite assemblage comprising the following taxa: *Deshayesites euglyphus* Casey, *D. gr. euglyphus/spathi* Casey (Fig. 12D, Electronic annex (E.a.), I A), *D. forbesi* Casey (Fig. 12C), *Deshayesites sp.*, *Cheloniceras sp.*, *Roloboceras hambrovi* (Forbes) (Electronic annex (E.a.), I B-D, E.a., II A), *R. hispanicum* Sornay and Marin (E.a., I E, E.a., III A-D), *R. transiens* Casey, *Roloboceras sp.* (E.a., IV A), *Megatyloceras coronatum* (Rouchadzé) (E.a., IV B-D), *Pseudosaynella raresulcata* (d'Orbigny), *P. undulata* (Sarasin)(E.a., IV F), *P. bicurvata* (Michelin) (E.a., IV E), *Pseudosaynella sp.*, *Barremites sp.* (E.a., IV G), *Pseudohaploceras sp.*, *Toxoceratoides royerianus* (d'Orbigny), *Ancyloceras?* sp., *Proaustraliceras sp.* and *Lithancylus grandis* (Sowerby) (E.a., IV H). This assemblage, particularly the deshayesitid and roloboceratid species, is diagnostic of the middle/upper part of the *Deshayesites forbesi* Zone (Casey, 1961; Casey et al., 1998).

Roloboceratids (mainly represented by adult and sub-adult) constitute the main component of the assemblage, whereas deshayesitids are much less common. These *Roloboceras* beds define a very characteristic horizon (*R. hambrovi* horizon in Fig. 11)

within the lower part of the Morella la Vella Member, and include the local record of Oceanic Anoxic Event 1a (Moreno-Bedmar et al., 2008, 2009). This horizon has also been recognized in the Cassis-La Bédoule area (Provençal Platform, SE France) where Busnardo (1984) introduced a *R. hambrovi* Zone at the base of the upper Bedoulian in his zonal scheme for SE France (see also Ropolo et al., 2006, 2008a, 2008b).

Discussion: The successive versions of the standard Mediterranean ammonite zonation (Hoedemaeker and Bulot et al., 1990; Hoedemaeker and Company et al., 1993; Hoedemaeker and Cecca, et al. 1995; Rawson and Hoedemaeker et al., 1999; Hoedemaeker and Rawson, 2000; Hoedemaeker and Reboulet et al., 2003; Reboulet and Hoedemaeker et al., 2006; Reboulet and Klein et al., 2009) have routinely used the species *Deshayesites weissi* (Neumayr and Uhlig) as index of the second zone of the Aptian stage. Although originally described from in northern Germany, this species has often been reported in the Mediterranean region. Nevertheless, *Deshayesites weissi* has never been the object of a systematic revision and its status remains unclear, because the original figures are difficult to interpret, the types are lost and their stratigraphic position is not known. It is for this reason that several authors (Bogdanova and Mikhailova, 2004; Ropolo et al., 2006; Reboulet and Hoedemaeker et al., 2006; Reboulet and Klein et al., 2009; García-Mondéjar et al., 2009) stressed the inadequacy of this taxon as zonal index. We did not find any true *D. weissi* in our study, and previous records of this species from the Maestrat Basin (Weisser, 1959; Martínez et al., 1994) are considered here to be misidentifications.

Due to the absence of *D. weissi* in the materials studied, and the problems associated with its identification, we prefer to use *D. forbesi* as zonal index for this stratigraphic interval. In fact, many of the species listed above in the Maestrat Basin are

also present in the *Deshayesites forbesi* Zone of southern England (Casey, 1961). It is important to emphasize, however, that there are some difficulties in recognizing the lower boundary of the *Deshayesites forbesi* Zone in our sections. The fauna from the lower part of the interval attributed to this zone in the Maestrat Basin is scarce and poorly preserved, lacking species diagnostic species of the *Deshayesites fittoni* Subzone. Therefore, we cannot rule out that the upper part of the underlying *Deshayesites oglanlensis* Zone (namely the beds with *D. luppovi*, see above) could actually correlate with the base of the *Deshayesites forbesi* Zone sensu Casey (1961). A similar problem arises in the exact correlation of the *Deshayesites weissi* Zone and the *Deshayesites forbesi* Zone. Although it is commonly accepted that the two units are time equivalent (Erba, 1996, fig. 3; Bogdanova and Tovbina, 1994, table I; Bogdanova and Mikhailova, 2004, table I; Gradstrein et al., 2004, p. 357; Moreno et al., 2007; Ropolo et al., 2008a; García-Mondéjar et al., 2009, among others), there is no corroborative evidence to show that the lower boundaries of the two units are strictly isochronous.

Martínez et al., (1994) placed the rich ammonite assemblage composed of several species of *Pseudosaynella*, *Roloboceras* and *Megatyloceras*, collected from the base of the Tejería de Josa section (Oliete Sub-basin; see Fig. 9A), in the *Deshayesites deshayesi* Zone. This age assignment was based on the presence of a single deshayesitid specimen that they identified as *D. deshayesi*. We reviewed this specimen (Fig. 12D) and concluded that it was misidentified. It is a juvenile fragment consisting of just 1/5 of whorl, with strong blunt ribs typical of the inner whorls of morphotypes belonging to the *D. euglyphus* species group, which is characteristic of the *Deshayesites forbesi* Zone. Similar divergences in the interpretation of deshayesitid species could also

explain the inclusion by Ropolo et al. (2006) of the *Roloboceras* beds of the Cassis-La Bédoule area in the *Deshayesites deshayesi* Zone (see Moreno-Bedmar et al., 2009).

***Deshayesites deshayesi* Zone**

Definition and characterization: This zone corresponds to the stratigraphic interval between the successive first appearance datum of *Deshayesites deshayesi* (d'Orbigny) and *Dufrenoyia furcata* (Sowerby), respectively. A “Zone à *Hoplites Deshayesi* (= *Deshayesites deshayesi*) et *Ancyloceras Matheroni*” was used for the first time by Jacob (1907) to refer to the entire Bedoulian.

We recognized this ammonite zone in most of the sections studied in detail (Figs. 4-7). It was not identified in the Oliete Sub-basin sections (Fig. 9), where the shallow-water facies of the Alacón Formation directly overly beds with fauna of the upper *Deshayesites forbesi* Zone. In the other sub-basins, the *Deshayesites deshayesi* Zone occurs within the middle/upper part of the Morella la Vella Member of the Margas del Forcall Formation. The following taxa were found associated with this zone: *Deshayesites deshayesi* (d'Orbigny) (Fig. 12E-G, I, E.a., IV I-L), *Deshayesites vectensis* (Spath) (Fig. 12H, E.a., V A), *Deshayesites* sp. (E.a., V C), *Deshayesites latilobatus/involutus* group (E.a., VI A), *Deshayesites grandis* (Spath) (Fig. 12J, E.a., V B), *Cheloniceras cornuelianum* (d'Orbigny) (E.a., VI B), *Pseudosaynella bicurvata* (Michelin), *Pseudosaynella undulata* (Sarasin), *Pseudohaploceras* sp., *Lytoceras belliseptatum* Anthula (E.a., VIII A), *Phylloceras* sp., *Ammonitoceras* (*Epancyloceras*) sp., *Proaustralicerias* cf. *gigas* (Sowerby) (E.a., VII A), and *Toxoceratoides royerianus* (d'Orbigny).

Discussion: The species *D. deshayesi* has been differently interpreted in the literature (see Casey, 1964). The differences are due in some extent to the fact that the original figures of d'Orbigny (1841) and Leymerie (1842) correspond to small pyritized phragmocones which are difficult to compare with adult or subadult specimens. This imprecision in the identification of the species led to a widespread confusion concerning its actual stratigraphic range, thus, for decades, *D. deshayesi* was thought to be present throughout the Lower Aptian. In fact, the participants at the “Colloque sur le Crétacé inférieur” in Lyon (1963) recognized the *Deshayesites deshayesi* Zone for the entire Bedoulian (Flandrin, 1965). Paradoxically, Kilian (1910-1913) had long before stated that typical forms of this species were restricted to the upper part of the Lower Aptian, which he divided into a lower “Zone des *Parahoplites Weissi* und *Douvilleiceras Albrechti-Austriae*” and an upper “Zone des *Parahoplites Deshayesi*”.

Casey (1961, 1964) provided final clarification on the stratigraphic position of *D. deshayesi* and restricted the concept of the *Deshayesites deshayesi* Zone which he further divided into two subzones: the oldest being the *Chelonicerias parinodum* Subzone and the youngest being the *Deshayesites grandis* Subzone. According to Casey (1964, 1980), *D. deshayesi*, together with *D. multicostatus* Swinnerton, *D. consobrinoides* (Sinzow) and *D. latilobatus* (Sinzow) would be confined to the lower subzone, whereas *D. grandis* Spath, *D. geniculatus* Casey, *D. vectensis* Spath and *D. wiltshirei* Casey would characterize the upper one. However, *D. involutus* Spath could be present in the two subzones. Nevertheless, the taxonomic adequacy and relationships of all these nominal species deserve to be studied in more detail in order to assess their validity. In fact, the specimens attributed to *D. involutus*, *D. latilobatus* and *D. grandis* are generally large-sized forms that presumably correspond to adult or subadult specimens. In contrast, the types and most of the specimens assigned to *D. deshayesi* are

juvenile phragmocones that show striking similarities with the inner whorls of the aforementioned species.

***Dufrenoyia furcata* Zone**

Definition and characterization: The base of this zone is marked by the first appearance of *Dufrenoyia furcata* (Sowerby). This biostratigraphic unit was used for the first time by Jacob (1907), who placed it at the base of the Gargasian.

The *Dufrenoyia furcata* Zone was identified in the uppermost part of the Morella la Vella Member in the Morella, Galve, Penyagolosa, Perelló and Salzedella Sub-basins (Figs. 4-8) and also at the onset of the Villarroya de los Pinares Formation in the Galve, Salzedella and Perelló Sub-basins. The exact position of its upper boundary could not be determined because ammonoids become completely absent in higher levels of the Villarroya de los Pinares Formation. This zone is characterized by the presence of the following taxa: *Dufrenoyia furcata* (Sowerby) (Fig. 12K-M, E.a., VI D-E, VIII D-E, IX A), *D. dufrenoyi* (d'Orbigny), *D. cf. dufrenoyi* (d'Orbigny) (E.a., VI C), *Dufrenoyia cf. praedufrenoyi* (d'Orbigny) (E.a., VIII B), *Dufrenoyia cf. transitoria* Casey (E.a., VIII F), *Dufrenoyia* sp. (Fig. 12N), *Chelonicerus cornuelianum* (d'Orbigny) (E.a., VIII C), *Colombiceras* sp., *Pseudohaploceras* sp., *Macroscaphites striasulcatus* (d'Orbigny), *Phyllopachyceras baborense* (Coquand) and *Salfeldiella* sp.

Discussion: In the Gargas region (SE France), Dutour (2005) subdivided the *Dufrenoyia furcata* Zone into two subzones, characterized by *D. furcata* and *D. dufrenoyi*, respectively. We also recognized these two subzones in some of the sections studied in the Galve, Salzedella and Penyagolosa Sub-basins (Figs. 5-7), where *D.*

dufrenoyi clearly replaces *D. furcata* in the upper part of the zone. Nonetheless, we could not separate the two successive horizons (*D. praedufrenoyi* and *D. dufrenoyi*) identified by Dutour (2005) within the *Dufrenoyia dufrenoyi* Subzone. It is worth noting that in the upper part of the *Dufrenoyia dufrenoyi* Subzone we collected some rare specimens with ribs that show pattern similar to that of *D. dufrenoyi*, but that cross the ventral region.

García-Mondéjar et al., (2009) recently reported the synchronous occurrence of the genera *Deshayesites* and *Dufrenoyia* throughout a thick, about 220 metres, stratigraphic interval in the Aralar region of the Basque-Cantabrian Basin (N Spain). Such association has never been found elsewhere, because the record has so far shown that *Dufrenoyia* replaces *Deshayesites* without any overlap at the base of the *Dufrenoyia furcata* Zone. These authors argued that the overly expanded sections of the Aralar region, reflecting a high sedimentation rate, could have preserved the transition interval between the zones. Our data, however, do not corroborate this assertion. Our study of well-expanded sections that comprise the boundary between the *Deshayesites deshayesi* and *Dufrenoyia furcata* zones, as at Barranco de las Calzadas (Fig. 5), showed that the faunal change is rather abrupt. Specimens of *Dufrenoyia* recorded in the first bed (BCGa-20) of the *Dufrenoyia furcata* Zone still show very primitive characters (the ribs cross the ventral region, which is still slightly convex) and closely resemble the last *Deshayesites*, but the range of the two genera did not overlap.

ACCOMMODATION SPACE AND BIOZONES DISTRIBUTION

During the Lower Aptian, the fault-controlled rapid syn-rift subsidence was the most important factor in producing accommodation space (Fig. 3). The Lower Aptian rapid interval of syn-rift subsidence was recorded throughout the Maestrat Basin, but showing differential subsidence patterns between the different sub-basins as shown in figure 13. For instance, in the Morella sub-basin, the thickness of the *Dufrenoyia furcata* biozone is around 10 meters (Fig. 4B), whereas this sedimentary record thickens up to 100 meters in the southern Salzedella and Penyagolosa sub-basins. In this regard, the available accommodation space within each sub-basin also played a key role in the facies and biozones distribution.

In the case of the Oliete sub-basin, the gain in accommodation space mainly developed during the middle and upper part of the *Deshayesi forbesi* Zone, declining substantially later. As a consequence, the timing of the Forcall Formation, formed by basinal deeper water marly sediments, is much reduced in relation to the marine shallow water carbonate sediments of the Oliete Formation (Fig. 2).

Salzedella and Penyagolosa sub-basins display a similar pattern of accommodation space during the Lower Aptian time span (Figs. 1C and 13). In these sub-basins, the *Deshayesites deshayesi* Zone exhibits a thickness extremely reduced about 10 meters. Later, the next biozone of *Dufrenoyia furcata* experienced a significant gain in accommodation space with more than 100 m of thickness.

CONCLUSIONS

The analysis of the ammonite stratigraphic distribution in ten selected sections in the Maestrat Basin (E Spain) allowed us to establish the faunal succession for the Lower Aptian in the region. We recognized, from oldest to youngest, the following Zones: *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi* and *Dufrenoyia furcata*. This succession is in close agreement with the Mediterranean standard zonation proposed for this interval. The only difference is the use as index species of *D. forbesi* (a species present in samples of the Maestrat Basin) instead of *D. weissii*, which is taxonomically not well-characterized and its status thus remains unclear as index of the second zone. Because of remaining uncertainties in the taxonomy of several of the species, we consider that the deshayesitids, the key group for the stratigraphy of this interval, would need a thorough revision that should take into account their high intraspecific variability.

We also identified a *Roloboceras hambrovi* horizon in the middle/upper part of the *Deshayesites forbesi* Zone, and the twofold subdivision proposed by Dutour (2005) for the *Dufrenoyia furcata* Zone.

This study further enabled us to more accurately determine the age of the lithostratigraphic units defined in the region. Thus, the upper part of the Xert Formation and the lowermost part of the Cap de Vinyet Member (base of the Forcall Formation) are correlative with the *Deshayesites oglanlensis* Zone. The upper part of the Cap de Vinyet and the Barra de Morella Members of the Forcall Formation correspond to the lower part of the *Deshayesites forbesi* Zone. The lower part of the Morella la Vella Member (upper Forcall Formation), which includes the local record of OAE 1a, clearly correlates with the *R. hambrovi* horizon (middle/upper part of the *Deshayesites forbesi* Zone). The boundary between the Forcall Formation and the Villarroya de los Pinares

Formation is diachronous and varies, depending on the sub-basins, between the uppermost part of the *Deshayesites forbesi* Zone and the middle/upper part of the *Dufrenoyia furcata* Zone. The base of the Villarroya de los Pinares Formation can be dated as middle-upper part of the *Dufrenoyia furcata* Zone in the Galve, Perelló and Salzedella Sub-basins. The transition between the Forcall Fm. and Villarroya Fm. is a diachronous limit, which varies depending on the control by syn-rift tilted blocks in different parts of the Basin.

During the Lower Aptian, the fault-controlled rapid syn-rift subsidence was the most important factor in producing accommodation space. At the same time, this interval of rapid subsidence coincided with the broad, well-documented Early Aptian Tethyan transgression, especially in Forcall Fm, which contains the *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi* and *Dufrenoyia furcata* Zones.

The analysis of the ammonite stratigraphic distribution in ten selected sections in the Maestrat Basin (E Spain) allowed us to establish the faunal succession for the Lower Aptian in the region. We recognized, from oldest to youngest the following Zones: *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi*, and *Dufrenoyia furcata*. We also identified a *Roloboceras hambrovi* horizon in the middle/upper part of the *Deshayesites forbesi* Zone, and the twofold subdivision proposed by Dutour (2005) for the *Dufrenoyia furcata* Zone, *Dufrenoyia furcata* and *Dufrenoyia dufrenoyi* subzones. Our results improve the resolution of the current Mediterranean zonation and test the correlation potential of the biostratigraphic events that define and characterize its different units. Moreover, the introduction of the *Deshayesites forbesi*, instead of *Deshayesites weissii*, as index of the second zone of the Aptian, and the identification of

the *Roloboceras hambrovi* horizon allow a more direct correlation with the Boreal zonation.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are indebted to the “Departament d’Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons social Europeu”. This study was funded by Projects CGL2005-07445-CO3-01/BTE Bi, CGL2008-04916, CGL2005-02500 and CGL2008-00533 (Spanish Ministry of Education and Science), the Consolider-Ingenio 2010 programme, under CSD2006-0004 "Topo-Iberia", the Grup Consolidat de Recerca “Geologia Sedimentària” (2005SGR-00890 and 2009SGR 1451), the Research Group RNM-178 (Junta de Andalucía), and 1074/1-2 of the Deutsche Forschungsgemeinschaft. We thank also Mr. Domingo Tolos, Juan Cano Forner, Paco Roig, Ramón Margalef and others for allowing us to consult their collections.

REFERENCES

- Aguado, R., Company, M., Sandoval, J., Tavera, J.M., 1997. Biostratigraphic events at the Barremian/Aptian boundary in the Betic Cordillera, southern Spain. *Cretaceous Research*, 18, 309-329.
- Avram, E., 1995. Lower Cretaceous (Valanginian-Early Aptian) ammonite succession in the Svinița region (SW Rumania). *Géologie Alpine Mémoire Hors Serie*, 20(1994), 113-167.
- Avram, E., 1999. The *Deshayesites* Kazanky, 1914 (Ammonoidea) representatives in Romania, a Link Between the West-European and caspian Assemblages of this genus. In: Oloriz, F., Rodriguez-Tovar, F.J. (eds.). *Advancing research on living and Fossil cephalopods*. Kluwer Academic/PlenumPublishers, New York. 438-462.

- Avram, E., Melinte, M.C., 1998. Barremian-Aptian boundary in the Dambovicioara area (Rumanian Carpathians). *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, Teil I*(1996), 1117-1129.
- Bogdanova, T.N., 1979. Ammonoids of the family Deshayesitidae from Turkmenia. In: All-Union Paleontological Society (ed.). *Planktonic and organic world of the pelagic zone in the history of the earth. [In Russian]*. Nauka (Leningrad), Proceedings of the 19th session, 152-169.
- Bogdanova, T.N., 1983. The *Deshayesites tuarkyricus* Zone-the lowermost Zone of the Aptian of Turkmenistan [In Russian]. *Annual of the All-Union Paleontological Society*, 26, 126-147.
- Bogdanova, T.N., Tovbina, S.Z., 1994. On development of the Aptian Ammonite zonal standard for the Mediterranean región. *Géologie Alpine, Mémoire Hors Serie*, 20, 51-59.
- Bogdanova, T.N., Prozorovski, V.A., 1999. Substantiation of the Barremian/Aptian boundary. *Scripta Geologica*, 3(Special Issue), 45-81.
- Bogdanova, T.N., Mikhailova, I.A., 2004. Origin, evolution and stratigraphic significance of the superfamily Deshayesitaceae Stoyanow, 1949. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 74, 189-243.
- Bover-Arnal, T., Moreno-Bedmar, J.A., Salas, R., Skelton, P.W., Bitzer, K., Gili, E., In press. Sedimentary evolution of an Aptian syn-rift carbonate system (Maestrat Basin, E Spain): effects of accommodation and environmental change. *Geologica Acta*. Under review.
- Busnardo, R., 1984. Crétacé inférieur: 1.3.1. Ammonites. In: Debrand-Passard, S. (ed.). *Synthèse Géologique du Sud-Est de la France. I: Stratigraphie et paléogéographie*. Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 125, 292-294.
- Canérot, J., 1974. *Recherches géologiques aux confins des chaînes ibériques et catalane (Espagne)*. Doctoral Thesis. Université Toulouse, Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, Trabajos de Tesis, 5(4), 517pp.
- Canérot, J., Cuny, P., Pardo, G., Salas, R., Villena., J., 1982. Ibérica Central-Maestrazgo. In: Universidad Complutense de Madrid (ed.). *El Cretácico de España*. 273-344.

- Canudo, J.I., Cuenca-Bescós, G., Ruiz-Omeñaca, J.I., Soria, A.R., 1996. Estratigrafía y Paleoecología de los vertebrados del Barremiense Superior (Cretácico Inferior) de Vallipón (Castellote, Teruel). *Mas de las Matas*, 15, 59-103.
- Casey, R., 1961. The stratigraphical palaeontology of the Lower Greensand. *Palaeontology*, 3, 487-621.
- Casey, R., 1964. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part V. *Palaeontographical Society*, 117(1963), 289-398.
- Casey, R., 1980. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand. Part IX. *Palaeontographical Society*, 133(1979), 633-660.
- Casey, R., Bayliss, H.M., Simpson, M.I., 1998. Observations on the lithostratigraphy and ammonite succession of the Aptian (Lower Cretaceous) Lower Greensand of Chale Bay, Isle of Wight, UK. *Cretaceous Research*, 19, 511-535.
- Cecca, F., Landra, G., 1994. Late Barremian-Early Aptian ammonites from the Maiolica Formation near Cesana Brianza (Lombardy Basin, northern Italy). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 100(3), 395-422.
- Cecca, F., Dhondt, A.V., Bogdanova, T.N., 1999a. The Aptian stratigraphy of the southern Turkyr (NW Turkmenistan, Central Asia). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 105(3), 377-396.
- Cecca, F., Ropolo, P., Gonnet, R., 1999b. The appearance of the genus *Deshayesites* (Kazansky, 1914, Ammonoidea) in the Lowermost Aptian (Lower Cretaceous) of la Bédoule (SE France). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 105(2), 267-286.
- Cecca, F., Ropolo, P., Conte, G., 2000. La base de l'Aptien à Cassis-La Bédoule (SE France). *Géologie Méditerranéenne*, 25(3/4), 149-157.
- Colloque sur le Crétacé inférieur, septembre 1963. Lyon, Mémoires du Bureau Recherches Géologiques et Minières, 34, 840pp.
- Coquand, H. 1865. Monographie paléontologique de l'étage Aptien de l'Espagne. Mémoires de la Société d'Emulation de la Provence, 3, 17-411.

- Dauphin, L. 2002. Litho-, bio-, et chronostratigraphie comparées dans le Bassin Vocontien à l'Aptien. Thèse 3^{ème} cycle. Université des Sciences et Technologies de Lille. 451pp.
- Delanoy, G., 1995. About some significant ammonites from the Lower Aptian (Bedoulian) of the Angles-Barrême area (South-East France). *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 51, 65-101.
- Delanoy, G., 1997. Biostratigraphie des faunes d'Ammonites à la limite Barrémien-Aptien dans la région d'Angles-Barrême-Castellane. *Annales du Museum d'Histoire Naturelle de Nice*, 12, 1-270.
- Dutour, Y., 2005. Biostratigraphie, évolution et renouvellements des ammonites de l'Aptien supérieur (Gargasien) du bassin vocontien (Sud-Est de la France). Doctoral Thesis. Lyon, Thèse Université Claude Bernard Lyon 1, 278pp.
- Erba, E., 1996. The Aptian Stage. *Bulletin de l'institut royal des sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 66(Supplement), 31-43.
- Flandrin, J., 1965. Rapport sur l'étage Aptien. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 34, 227-234.
- García-Mondéjar, J., Owen, H.G., Raisossadat, N., Millán, M.I., Fernández-Mendiola, P.A., 2009. The early Aptian of Aralar (northern Spain): stratigraphy, sedimentology, ammonite biozonation, and OAE1. *Cretaceous Research*, 30, 434-464.
- Gradstein, F.M., Ogg, J., Smith, A., 2004. *A Geologic Time Scale*. Cambridge University Press, 589pp.
- Hoedemaker, P.J., Bulot, L. (reporters) Avram, E., Busnardo, R., Company, M., Delanoy, G., Kakabadze, M., Kotetishvili, E., Krishna, J., Kvantaliani, I., Latil, J.L., Memmi, L., Rawson, P.F., Sandoval, J., Tavera, J.M., Thieuloy, J.P., Thomel, G., Vašíček, Z., Vermeulen, J., 1990. Preliminary ammonite zonation of the Lower Cretaceous of the Mediterranean Region. *Géologie Alpine*, 66, 123-127.
- Hoedemaeker, P.J., Company, M., (reporters) Aguirre-Urreta, M.B., Avram, E., Bogdanova, T.N., Bujtor, L., Bulot, L., Cecca, F., Delanoy, G., Ettachfini, M., Memmi, L., Owen, H.G., Rawson, P.F., Sandoval, J., Tavera, J., Thieuloy, J.P., Tovbina, S.Z., Vašíček, Z., 1993.

- Ammonite zonation for the Lower Cretaceous of the Mediterranean region; basis for the stratigraphic correlations within IGCP-Project 262. *Revista Española de Paleontología*, 8(1), 117-120.
- Hoedemaeker, P.J., Cecca, F., (reporters) Avram, E., Company, M., Delanoy, G., Erba, E., Ettachfini, M., Faraoni, P., Kakabadze, M., Landra, G., Marini, A., Memmi, L., Pallini, G., Rawson, P.F., Ropolo, P., Sandoval, J., Tavera, J.M., Vašíček, Z., 1995. Report on the 3rd International Workshop on the Standard Lower Cretaceous Ammonite Zonation of the Mediterranean Region. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 51, 213-215.
- Hoedemaeker, P.J., Rawson, P.F., 2000. Report on the 5th International Workshop of the Lower Cretaceous Cephalopod Team (Vienna, 5 September 2000). *Cretaceous Research*, 21(6), 857-860.
- Hoedemaeker, P.J., Reboulet, S., (reporters) Aguirre-Urreta, M.B., Alsen, P., Aoutem, M., Atrops, F., Barragán, R., Company, M., González, C., Klein, J., Lukeneder, A., Ploch, I., Raisossadat, N., Rawson, P.F., Ropolo, P., Vašíček, Z., Vermeulen, J., Wippich, M.G.E., 2003. Report on the 1st International Workshop of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Lyon, 11 July 2002). *Cretaceous Research*, 24(1), 89-94.
- Ivanov, M., Stoykova, K., 1998. Stratigraphical sequences of the Aptian stage North of the town of Byala, Ruse District (NE Bulgaria), (In Bulgarian). *Review of the Bulgarian Geological Society*, 59, 125-131.
- Jacob, C., 1907. Études paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises et les régions voisines. *Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble*, 8, 1-314.
- Kilian, W., 1910-13. Das bathyale Palaeocretacicum im südöstlichen Frankreich. Valendis-Stufe; Hauterive-Stufe; Barrême-Stufe, Apt-Stufe. In: Frech, F. (ed.). *Lethaea geognostica. Das Mesozoicum, Kreide. Unterkreide*. Stuttgart, 3(2), 169-398.
- Leymerie, A., 1842. Mémoire sur le terrain Crétacé du département de l'Aube. Seconde partie. *Memoires de la Societe Geologique de France*, 4, 1-15.

- Marín, P., Sornay, J., 1971. Précisions sur l'âge des formations aptiennes aux confins de l'Aragón et du Maestrazgo (Provinces de Teruel et Castellón de la Plana, Espagne). *Comptes Rendus sommaires de la Société géologique de France*, 3, 165-167.
- Martínez, R., Grauges, A., Salas, R., 1994. Distribución de los ammonites del Cretácico inferior de la Cordillera Costera Catalana e Ibérica Oriental. *Cuadernos de geología ibérica*, 18, 337-354.
- Masse, J.P., Bouaziz, S., Amon, E.O., Baraboshin, E., Tarkowski, R.A., Bergerat, F., Sandulescu, M., Platel, J.P., Canérot, J., Guiraud, R., Poisson, A., Ziegler, M., Rimmele, G., Charrat, F., Faure-Muret, A., Ivanik, M., Jabaloy, A., Lamarche, J., Le Nindre, Y.M., Lewy, Z., Nikishin, A.A., Plotnikova, L., Vaslet, D., 2000. Early Aptian (112-114 Ma). In: Dercourt, J., Gaetani, M., Vrielynck, B., Barrier, E., Biju-Duval, B., Brunet, M.F., Cadet, J.P., Crasuin, S., Sandulescu, M. (eds.). *Atlas Peri-Tethys: palaeoenvironmental maps*. In: *Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographical maps, CCGM/CGMW, 24 maps and explanatory notes I–XX*, Paris (2000), pp. 1-269.
- Moreno, J.A., 2007. Espècies del gènere *Deshayesites* (Ammonoidea) de la Formació Margues del Forcall de Morella (Castelló), conservats a la col·lecció Mañé (MGSB). *Batalleria*, 13, 57-64.
- Moreno, J.A., Company, M., Delanoy, G., Grauges, A., Martínez, R., Salas, R., 2007. Precisiones sobre la edad, mediante ammonioideos y nautiloideos, de la Fm. Margas del Forcall en la subcuena de Oliete (Cadena Ibérica, España). *Geogaceta*, 42, 75-78.
- Moreno-Bedmar, J.A., Bover-Arnal, T., Salas, R., Company, M., 2008. The early Aptian oceanic anoxic event in the Maestrat Basin (NE Iberian Chain). *Geo-Temas*, 10, 159-162.
- Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Martínez, R., Grauges, A., 2009. Biostratigraphic characterization by means ammonoids of the lower Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE 1a) in the Eastern Iberian Chain (Maestrat basin, E Spain). *Cretaceous Research*, 30, 864-872.
- Moullade, M., Masse, J.P., Tronchetti, G., Kuhnt, W., Ropolo, P., Bergen, J.A., Masure, E., Renard, M., 2000. Le stratotype historique de l'Aptien inférieur (région de Cassis-La

- Bédoule, SE France): synthèse stratigraphique. *Géologie Méditerranéenne*, 25(1998), 289-298.
- Murat, B., 1983. Contribution à l'étude stratigraphique, sédimentologique et tectonique du bassin éocène d'Oliete (Prov. de Teruel, Espagne). Doctoral Thesis. Toulouse, Université Paul Sabatier, Travaux du Laboratoire Géologie Sédimentologie et Paléontologie, 247pp.
- Neumann, C., 1987. Le crétacé inférieur (Hauterivien-Albien) du Maestrazgo meridional (Espagne): un exemple d'une plate-forme carbonatée en régime distensif. Doctoral Thesis. Toulouse, Université Paul Sabatier Toulouse, 377pp.
- Ogg, J.G., Ogg, G., 2006. Updated by James G. Ogg (Purdue University) and Gabi Ogg to: GEOLOGIC TIME SCALE 2004 (Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.G. et al., Cambridge University Press).
- Orbigny, A., 1841. Paléontologie française. Terrains crétacés. 1, Céphalopodes. Part III (1842) 431-662. Masson. Paris.
- Raisossadat, S.N., 2002. Lower Cretaceous (Upper Barremian-Lower Albian) ammonite faunas of the Kopet Dagh Basin, NE Iran. Unpublished PhDoctoral Thesis. London, University College London, 337pp.
- Rawson, P.F., Hoedemaeker, P.J., (reporters), Aguirre-Urreta, M.B., Avram, E., Ettachfini, M., Kelly, S.R.A., Klein, J., Kotetishvili, E., Owen, H., Ropolo, P., Thomson, M.R.A., Wippich, M., Vašíček, Z., 1999. Report on the 4th International Workshop of the Lower Cretaceous Cephalopod Team (IGCP-Project 362). *Scripta Geologica* issue, 3, 3-13.
- Reboulet, S., Hoedemaeker, P.J., (reporters), Aguirre-Urreta, M.B., Alsen, P., Atrops, F., Baraboshkin, E.Y., Company, M., Delanoy, G., Dutour, Y., Klein, J., Latil, J.L., Lukeneder, A., Mitta, V., Mourgues, F.A., Ploch, I., Raisossadat, N., Ropolo, P., Sandoval, J., Tavera, J.M., Vašíček, Z., Vermeulen, J., 2006. Report on the 2nd International meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Neuchâtel, Switzerland, 8 September 2005). *Cretaceous Research*, 27, 712-715.
- Reboulet, S., Klein, J., (reporters) Barragán, R., Company, M., González-Arreola, C., Lukeneder, A., Raisossadat, S.N., Sandoval, J., Szives, O., Tavera, J.M.,

- Vašíček, Z., Vermeulen, J., 2009. Report on the 3rd International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the “Kilian Group” (Vienna, Austria, 15th April, 2008). *Cretaceous Research*, 30, 496-502.
- Renard, M., Raféllis, M. de, Emmanuel, L., Moullade, M., Masse, J.P., Kuhnt, W., Bergen, J.A., Tronchetti, G., 2005. Early Aptian $\delta^{13}\text{C}$ and manganese anomalies from the historical Cassis-La Bédoule stratotype sections (S.E. France): relationship with a methane hydrate dissociation event and stratigraphic implications. *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology Article 2005/04*, 1-18.
- Ropolo, P., Gonnet, R., Conte, G., 1999. The '*Pseudocrioceras* interval' and adjacent beds at La Bédoule (SE France): implications to highest Barremian/lowest Aptian biostratigraphy. *Scripta Geologica*, 3(Special Issue), 159-213.
- Ropolo, P., Gonnet, R., Conte, G., 2000a. Le genre *Pseudocrioceras* dans les couches de passage du Barrémien supérieur/Bédoulien inférieur de Cassis-La Bédoule (SE France). *Géologie Méditerranéenne*, 25(3/4), 85-123.
- Ropolo, P., Cecca, F., Gonnet, R., 2000b. The stratigraphic position of "*Ammonites*" *consobrinus* d'Orbigny (Deshayesitidae, Ammonoidea) in the Lower Aptian of Cassis-La Bédoule (SE France). *Géologie Méditerranéenne*, 25(3/4), 159-165.
- Ropolo, P., Conte, G., Gonnet, R., Masse, J.P., Moullade, M., 2000c. Les faunes d'Ammonites du Barrémien supérieur/Aptien inférieur (Bédoulien) dans la région stratotypique de Cassis-La Bédoule (SE France): état des connaissances et propositions pour une zonation par Ammonites du Bédoulie-type. *Géologie Méditerranéenne*, 25(3/4), 167-175.
- Ropolo, P., Moullade, M., Gonnet, R., Conte, G., Tronchetti, G., 2006. The Deshayesitidae Stoyanov, 1949 (Ammonoidea) of the Aptian historical stratotype region at Cassis-La Bédoule (SE France). *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology, Brest, Memoir 2006/01 (CG2006_M01)*, 1-46.

- Ropolo, P., Moullade, M., Conte, G., Tronchetti, G., 2008a. About the stratigraphic position of the Lower Aptian *Roloboceras hambrovi* (Ammonoidea) level. Carnets de Géologie/Notebooks on Geology-Letter 2008/03 (CG2008_L03), 1-7.
- Ropolo, P., Conte, G., Moullade, M., Tronchetti, G., Gonnet, R., 2008b. The Douvilleiceratidae (Ammonoidea) of the Lower Aptian hitorial stratotype area at Cassis-La Bédoule (SE France). Carnets de Géologie/Notebooks on Geology-Memoir 2008/03 (CG2008_M03) 1-60 pp. 1-60
- Salas, R., 1987. El Malm i el Cretaci inferior entre el Massís del Garraf i la Serra d'Espadà. Anàlisi de Conca. Doctoral Thesis. Barcelona, Universitat de Barcelona, 345pp.
- Salas, R., Casas, A., 1993. Mesozoic extensional tectonics, stratigraphy, and crustal evolution during the Alpine cycle of the eastern Iberian Basin. Tectonophysics, 228, 33-55.
- Salas, R., Guimerà, J., 1996. Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental). Geogaceta, 20, 1704-1706.
- Salas, R., Guimerà, J., Mas, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A., Alonso, A., 2001. Evolution of the Mesozoic central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian chain). In: Ziegler, P.A., Cavazza, W., Robertson, A.H.F., Crasquin-Soleau, S. (eds.). Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins. Mémoires du Museum National d'Historie naturelle, 186, 145-185.
- Salas, R., Martín-Closas, C., Delcòs, X., Guimerà, J., Caja, M.A., Mas, R., 2005. Factores principales de control de la sedimentación y los cambios bióticos durante el tránsito Jurásico-Cretácico en la Cadena Ibérica. Geogaceta, 38, 15-18.
- Skelton, P.W., 2003. Rudist evolution and extinction - a north African perspective. In: Gili, E., Negra, M.H., Skelton, P.W. (eds.). North African Cretaceous Carbonate Platform Systems. Kluwer Academic Publishers, North Atlantic Treaty Organisation (NATO) Science Series IV: Earth and Environmental Sciences, 28, 215-227.
- Sornay, J., Marín, P., 1972. Sur la faune d'ammonites aptiennes de la Tejería de Josa (Teruel, Espagne). Annales de Paléontologie, 58, 101-123.

- Vašíček, Z., 1995. Lower Cretaceous ammonite biostratigraphy in the Western Carpathians (the Czech and Slovak Republics). *Géologie Alpine Mémoire Hors Serie*, 20(1994), 169-189.
- Vašíček, Z., Skupien, P., Šulgan, F., 2004. New occurrences of Lower Cretaceous ammonites in the western part of the Silesian Unit (Barremian-early Aptian, Outer Western Carpathians, Czech Republic). *Journal of the Czech Geological Society*, 49(1/2), 41-55.
- Vašíček, Z., Summerberger, H., 2004. Ammonoids from the Aptian (Lower Cretaceous; Upper Austria) of the Northern Calcareous Alps. *Annalen Naturhistorischen Museums in Wien* 106A, 53-65.
- Vašíček, Z., 2008. Barremian and Early Aptian ammonites from the Godula Facies of the Silesian Unit in the Outer Western Carpathians, Czech Republic. *Acta Geologica Polonica*, 58, 407-423.
- Vilanova, J., 1859. Memoria geognóstica-agrícola sobre la Provincia de Castellón. Madrid, *Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 4, 575-803.
- Vilanova, J., 1863. Ensayo de descripción geognóstica de la Provincia de Teruel en sus relaciones con la agricultura de la misma. Junta de Estadística Imprenta Nacional, Madrid, 342 pp.
- Weisser, D., 1959. Acerca de la estratigrafía del Urgo-Aptense en las cadenas Celtibéricas de España. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Mínero de España*, 55, 17-32.
- Wiedmann, J., 1965. Sur la possibilité d'une subdivision et des corrélations du Crétacé inférieur Ibérique. In: *Colloque sur le Crétacé inférieur*. Orléans, *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 34, 819-823.

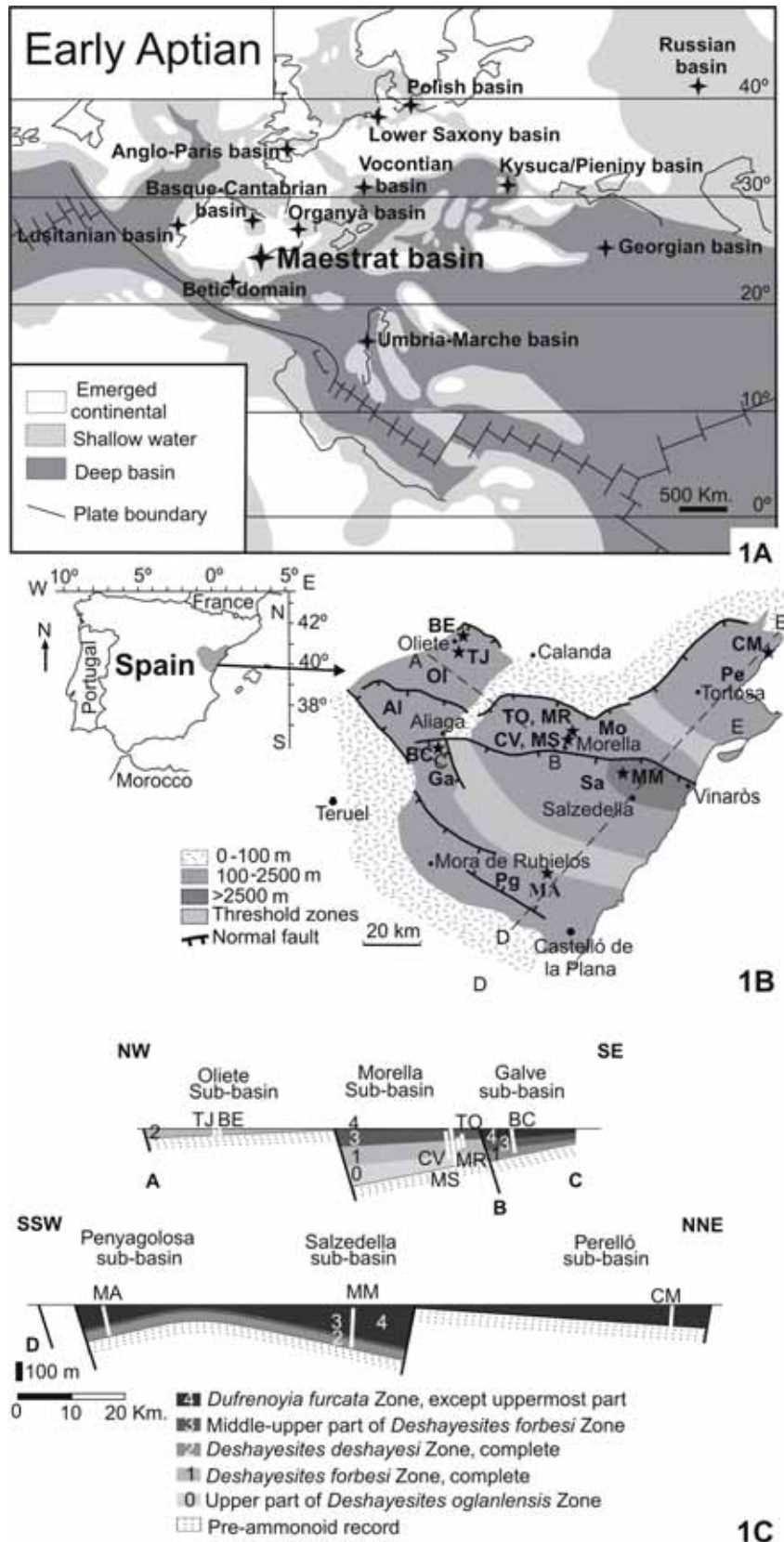


FIGURE 1 A) Palaeogeographic reconstruction of the Proto North Atlantic and Tethyan realm during the Early Aptian, with the most important basins (modified after Masse et al., 2000). B) Simplified paleogeographic map of the Maestrat Basin

during the Early Cretaceous (modified after Salas et al., 2001), and location of the ten sections studied. MA: Mas Agustina section; MM: Mola Murada section; BC: Barranco de las Calzadas section; CV: Cap de Vinyet section; TO: Todolella section; MR: Mas del Roc section; MS: Mas Segura section; CM: Cala dels Moros section; TJ: Tejería de Josa section, and BE: Barranco Emilia section; Ol: Oliete sub-basin; Al: Aliaga sub-basin; Mo: Morella sub-basin; Pe: Perelló sub-basin; Ga: Galve sub-basin; Sa: Salzedella sub-basin; Pg: Penyagolosa sub-basin (modified after Salas et al., 2001). C) Geological cross-sections, A-C and D-E, showing the ammonoid biozones in the ten sections studied of the Forcall Formation. Datum at the Lower-Middle Aptian boundary. For more details about ranges of ammonoids of these sections, see fig. 2.

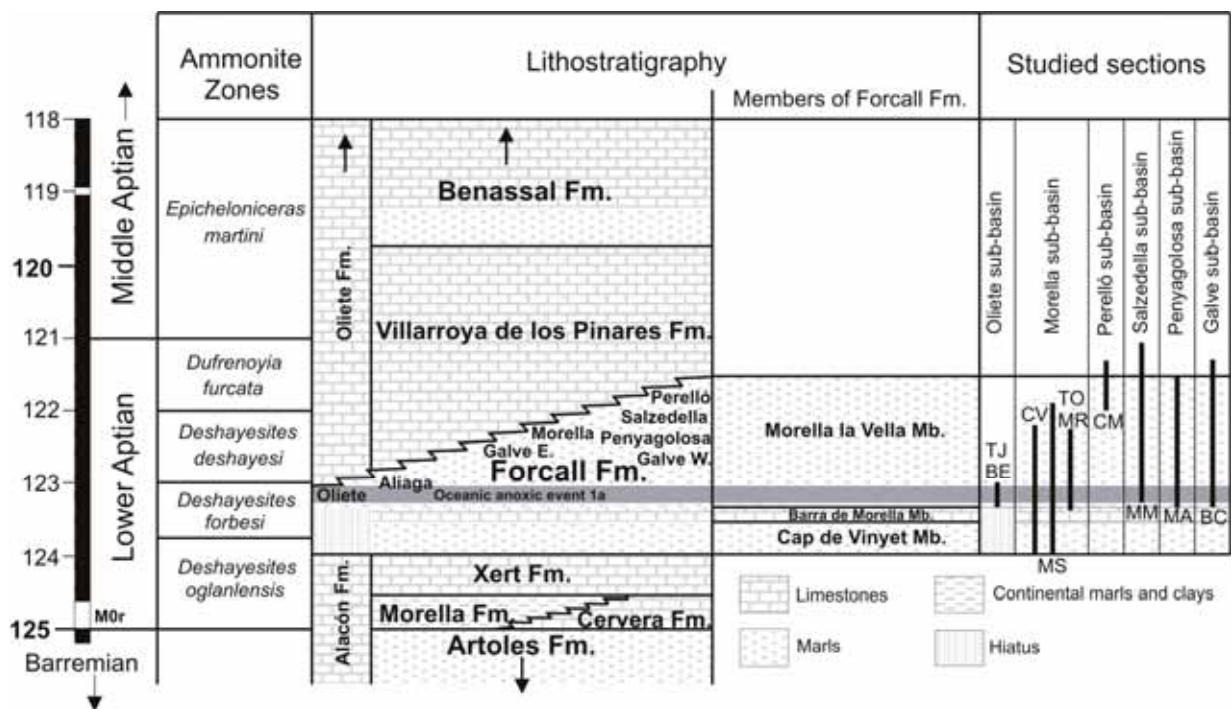


FIGURE 2 Stratigraphic framework and age relationships of the Aptian deposits in the Maestrat Basin. Position of OAE1a is indicated by shaded level (after Moreno-Bedmar et al., 2008, 2009). Ol: Oliete sub-basin; Al: Aliaga sub-basin; Ga: Galve sub-basin; E: East; W: West; Mo: Morella sub-basin; Pe: Perelló sub-basin; Sa: Salzedella sub-basin, and Pg: Penyagolosa sub-basin. Stratigraphic positions of

the ten sections studied of the Forcall Formation relative to ammonoid biozones. MA: Mas Agustina section; MM: Mola Murada section; BC: Barranco de las Calzadas section; CV: Cap de Vinyet section; TO: Todolella section; MR: Mas del Roc section; MS: Mas Segura section; CM: Cala dels Moros section; TJ: Tejería de Josa section and BE: Barranco Emilia section. Absolute ages after Ogg and Ogg (2006).

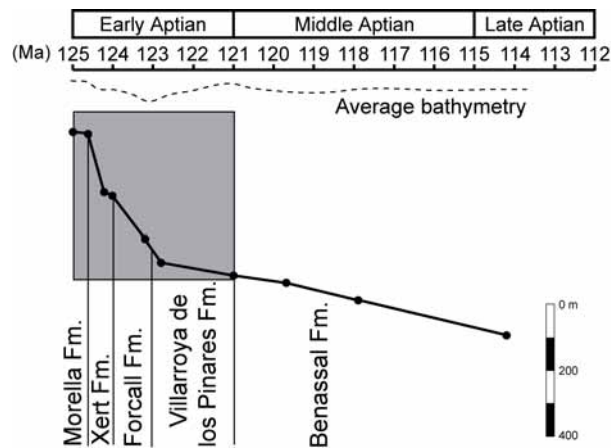


FIGURE 3 Backstripped total subsidence (descompacted for the Aptian of the Villarroya de los Pinares section (Galve sub-basin) corrected with bathymetries (modified from Bover-Arnal et al., under review). Dashed line shows the average bathymetric curve. The solid curve shows the accommodation space variation of the Lower Aptian for each lithostratigraphic unit.

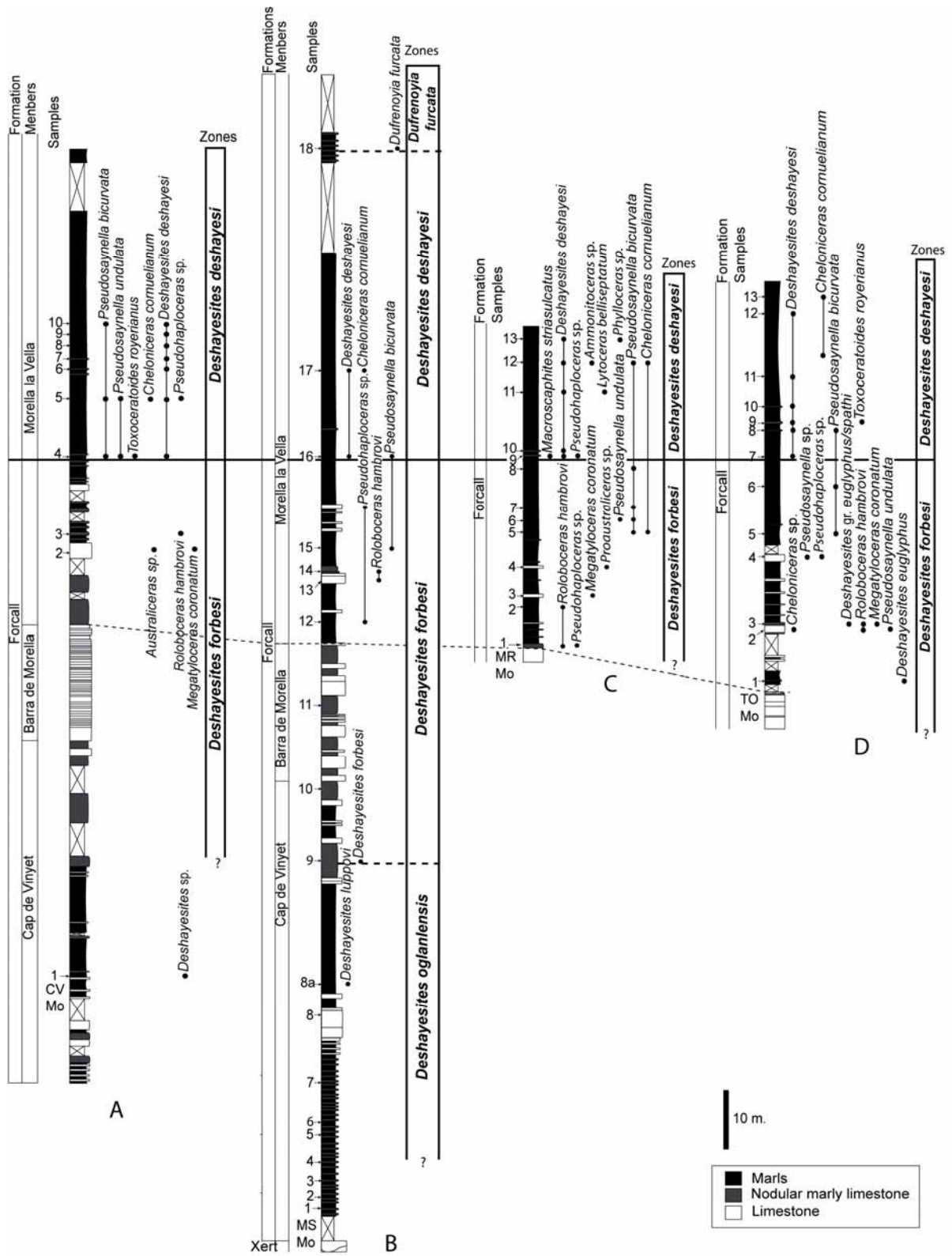


FIGURE 4 Correlation across four stratigraphic sections studied in the Morella sub-basin, A) Cap de Vinyet; B) Mas Segura; C) Mas del Roc and D) Todolella sections. Datum at the boundary of *Deshayesites forbesi* /*Deshayesites deshayesi*

biozones. The correlation between the Barra de Morella and Morella la Vella Members boundary is also indicated.

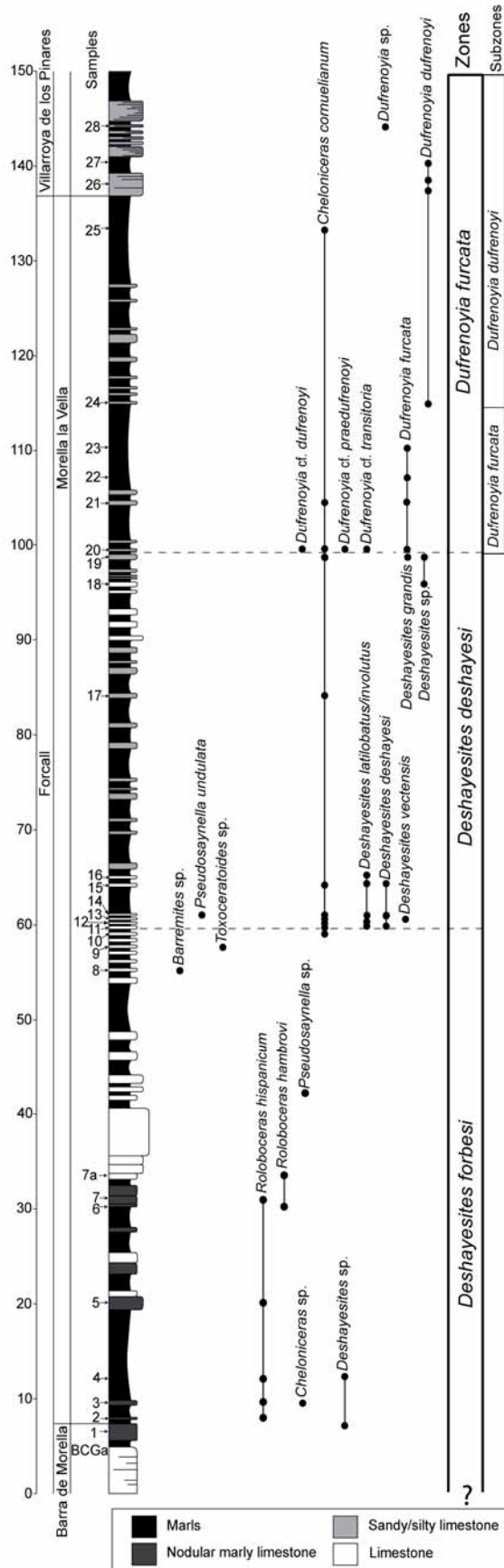


FIGURE 5 Galve sub-basin, Barranco de las Calzadas section.

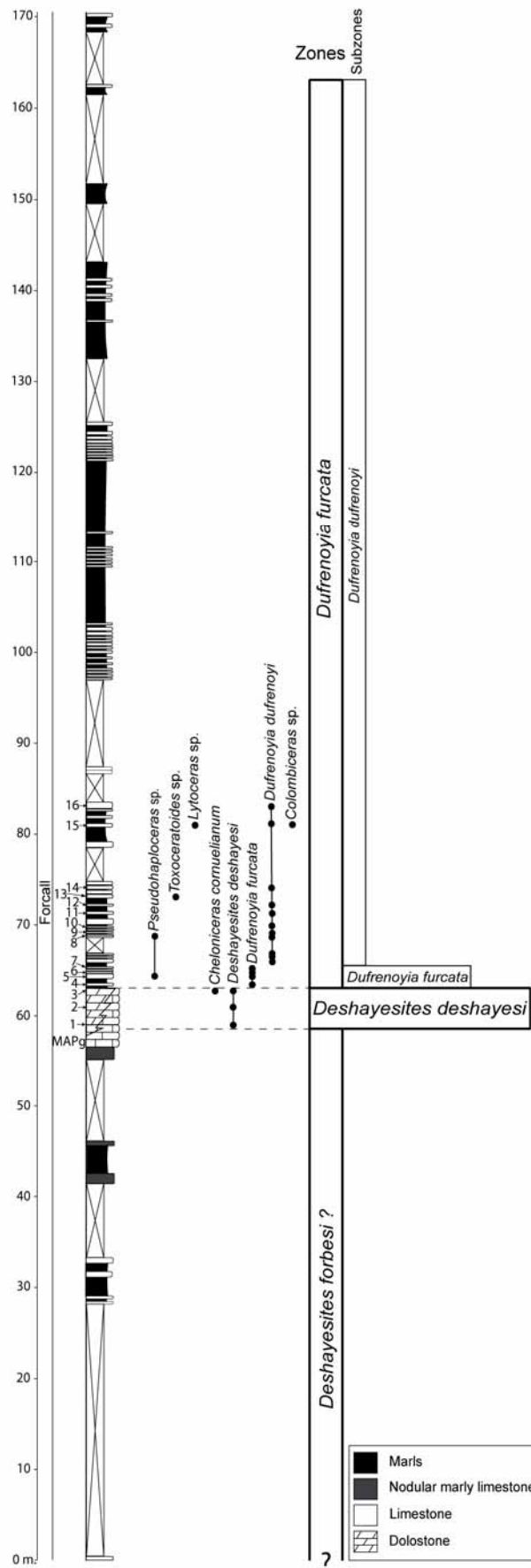


FIGURE 6 Penyalosa sub-basin, Mas Agustina section.

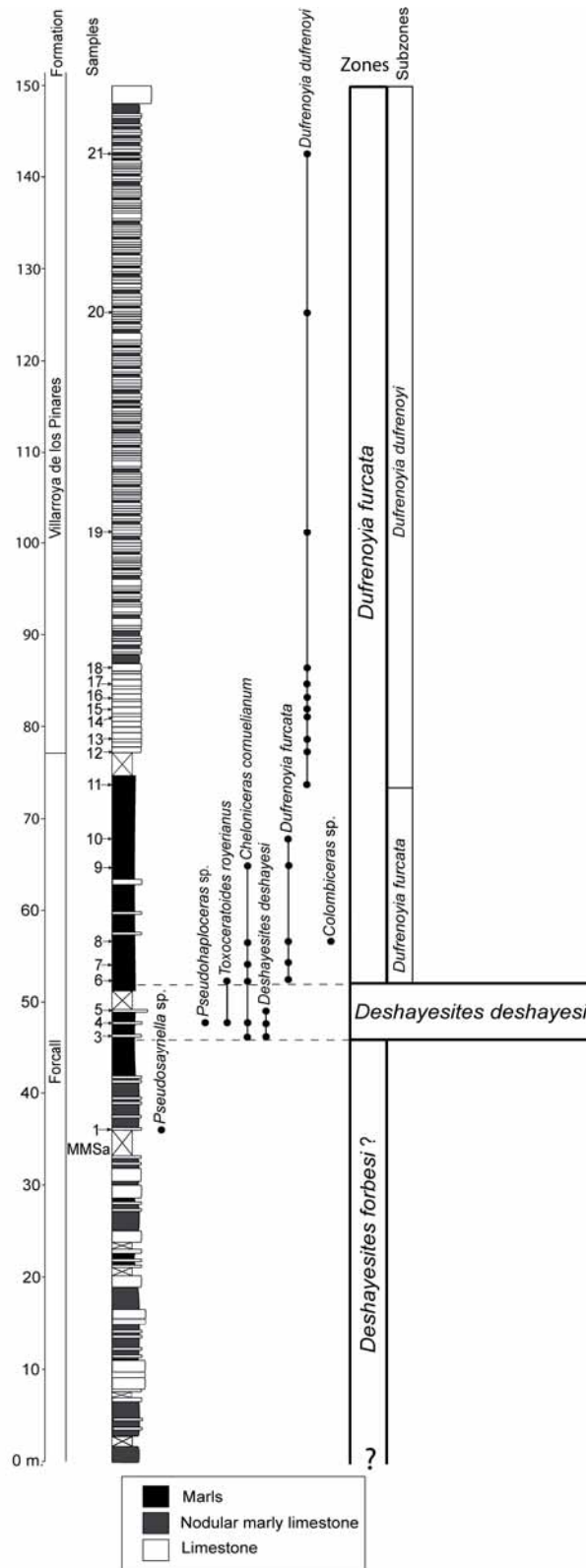


FIGURE 7 Salzedella sub-basin, Mola Murada section.

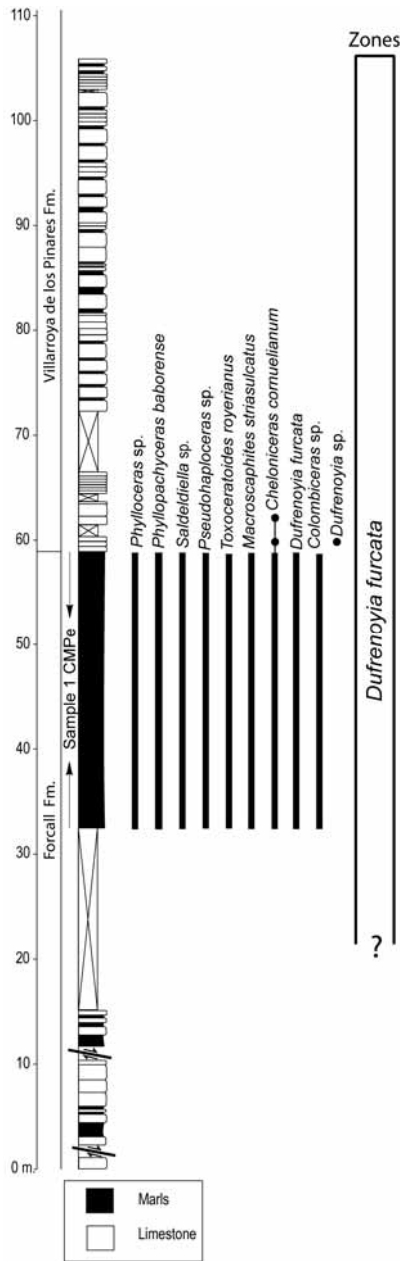


FIGURE 8 Perelló sub-basin, Cala dels Moros section.

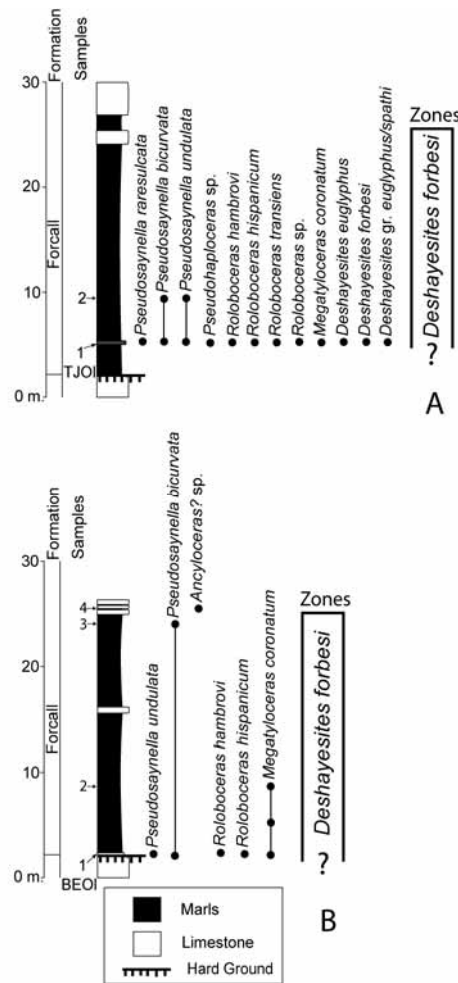


FIGURE 9 Oliete sub-basin, A) Barranco Emilia and B) Tejería de Josa sections.

Standard zonation Reboulet and Klein et al. (2009)		Local zonation This paper	
Ammonite zones	Ammonite Subzones	Ammonite zones	Ammonite subzones and horizons
<i>Dufrenoyia furcata</i>		<i>Dufrenoyia furcata</i>	<i>Dufrenoyia dufrenoyi</i> <i>D. furcata</i>
<i>Deshayesi deshayesi</i>	<i>Deshayesites grandis</i>	<i>Deshayesi deshayesi</i>	<i>Deshayesites grandis</i>
<i>Deshayesites weissi</i>		<i>Deshayesites forbesi</i>	<i>Roloboceras hambrovi</i>
<i>Deshayesites oglanlensis</i>		?	<i>Deshayesites oglanlensis</i>

FIGURE 10 Lower Aptian standard ammonite zonation of the Mediterranean Region of Reboulet and Klein et al. (2009), and Lower Aptian local zonation proposed in this study for the Maestrat Basin.

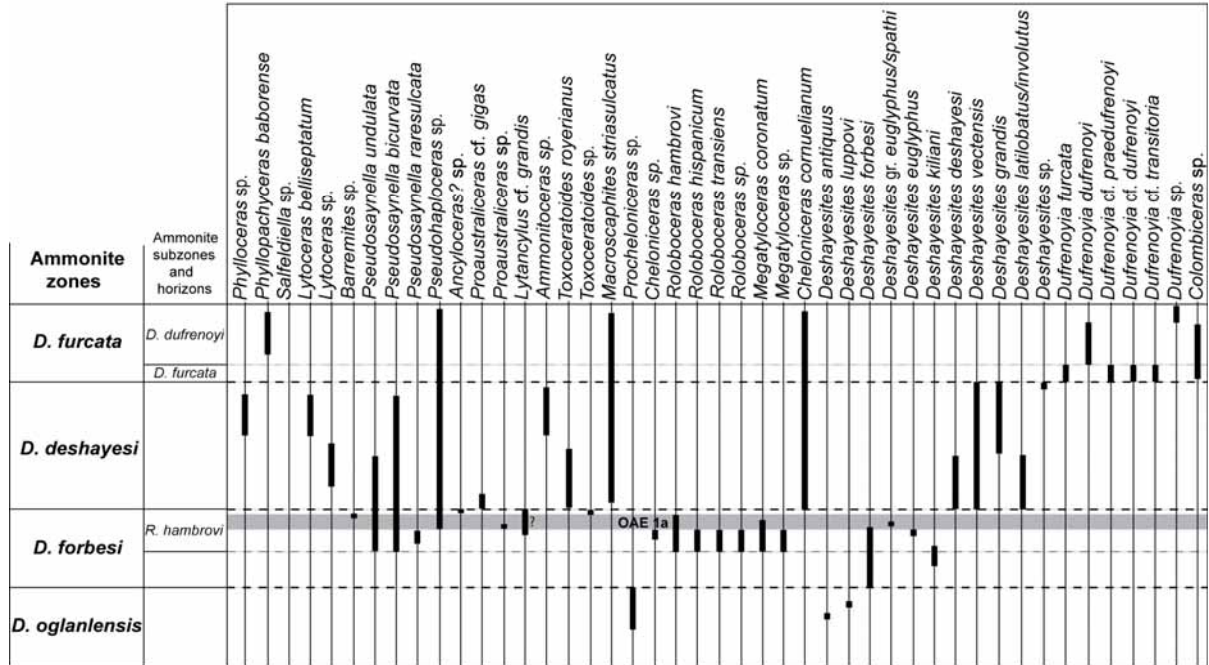


FIGURE 11 Range of the forty-five species recognized in the Maestrat Basin. OAE 1a after Moreno-Bedmar et al. (2008, 2009).

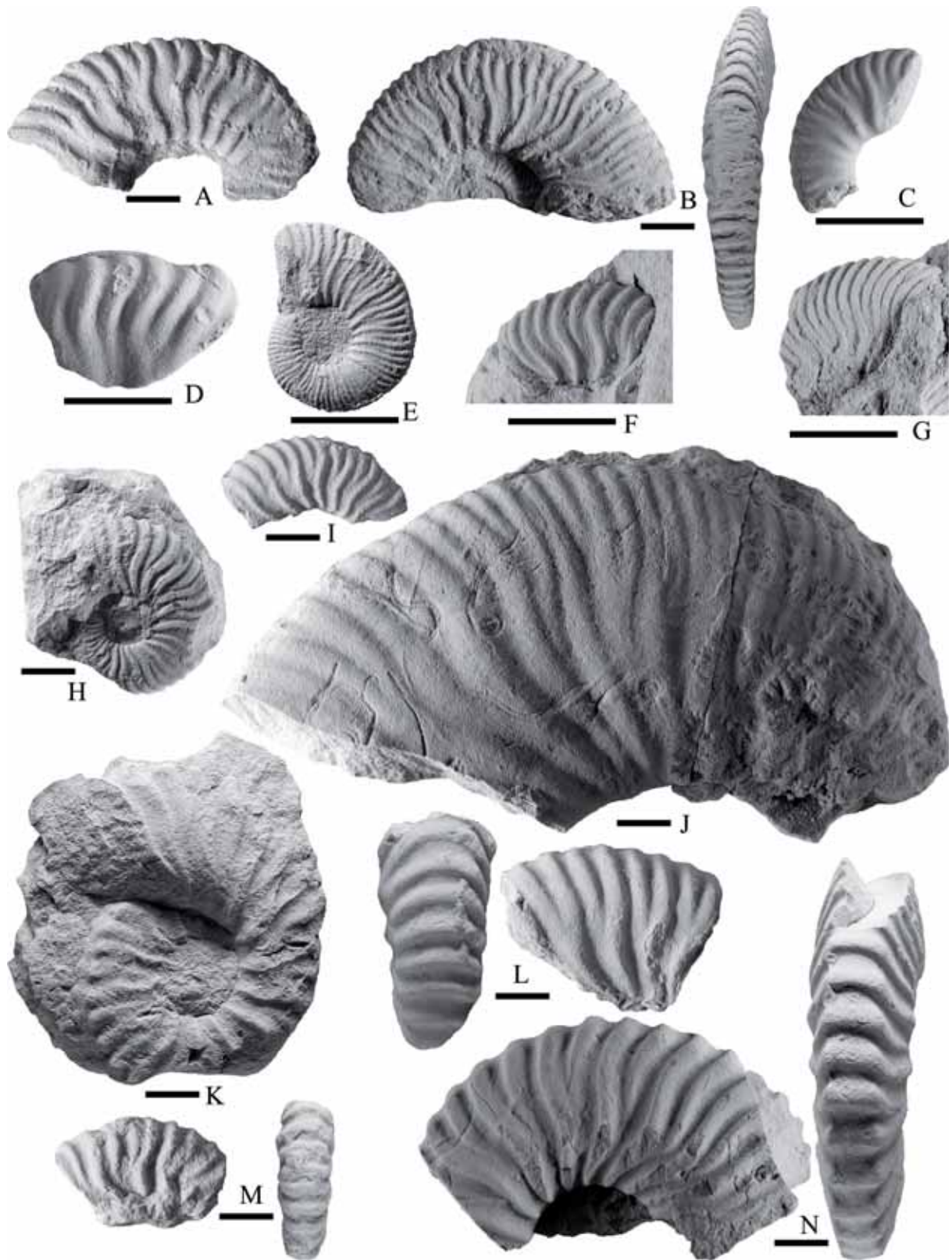


FIGURE 12 A) *Deshayesites antiquus*, specimen PUAB-12535, Cap de Vinyet Member of Cap de Vinyet area. B) *Deshayesites lupповi*, specimen MV 900.1, Mas Segura section, sample MSMo-8a. C) *Deshayesites forbesi*, specimen PUAB 48071, Tejería de Josa section, sample TJOI-1. D) *Deshayesites* gr. *euglyphus*, specimen

PUAB-48072, Tejería de Josa, sample TJOI-1. E) *Deshayesites deshayesi*, specimen MV 425.1, Mola Murada section, sample MMSa-3. F) *Deshayesites deshayesi*, specimen MV 425.2, Mola Murada section, sample MMSa-3. G) *Deshayesites deshayesi*, specimen MV 471.2, Todolella section, sample TOMo-9. H) *Deshayesites vectensis*, specimen CPT-3599, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-13. I) *Deshayesites deshayesi*, specimen MV 471.1, Todolella section, sample TOMo-9. J) *Deshayesites grandis*, specimen CPT-3618, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-19. K) *Dufrenoyia furcata*, specimen MV 481.2, Mas Agustina section, sample MAPE-5. L) *Dufrenoyia furcata*, specimen MV Se18.1, Mas Segura section, sample MSMo-18. M) *Dufrenoyia furcata*, specimen CPT-3649, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-20. N) *Dufrenoyia* sp., specimen CPT-3728, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-28. Scale bar, 1cm.

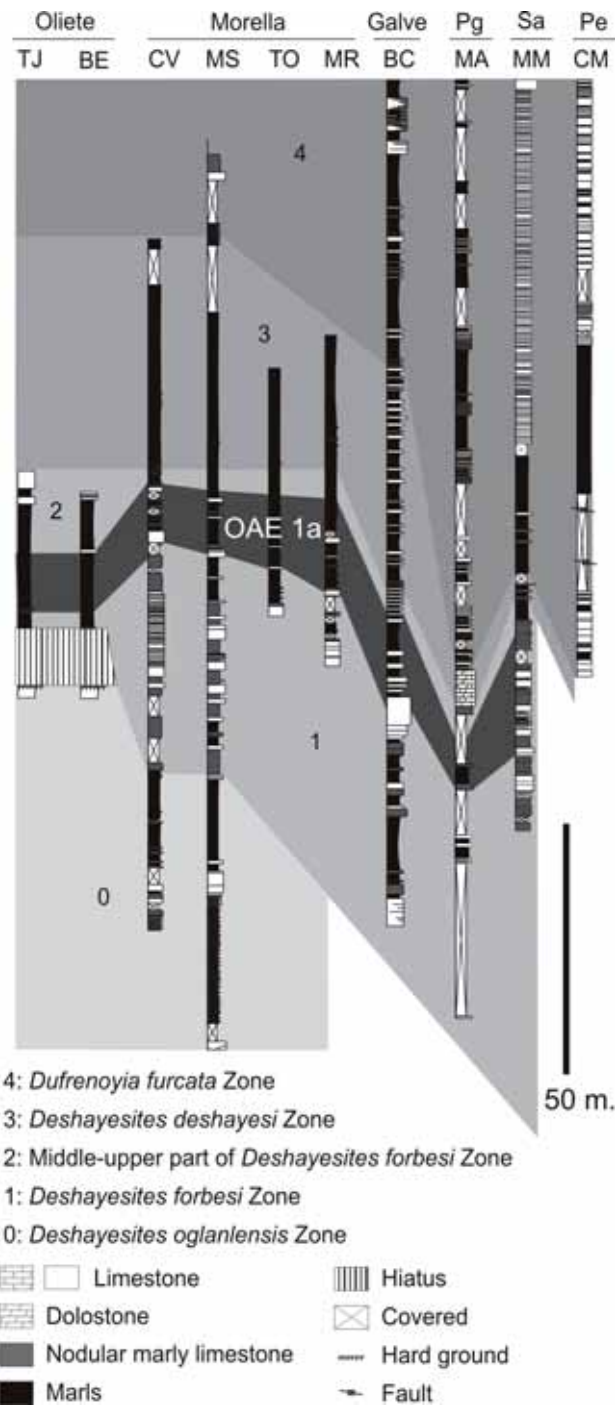


FIGURE 13 Correlation of the ten sections studied by means ammonoid biozones. The extensional lower Aptian structure is not indicated.

Electronic annex

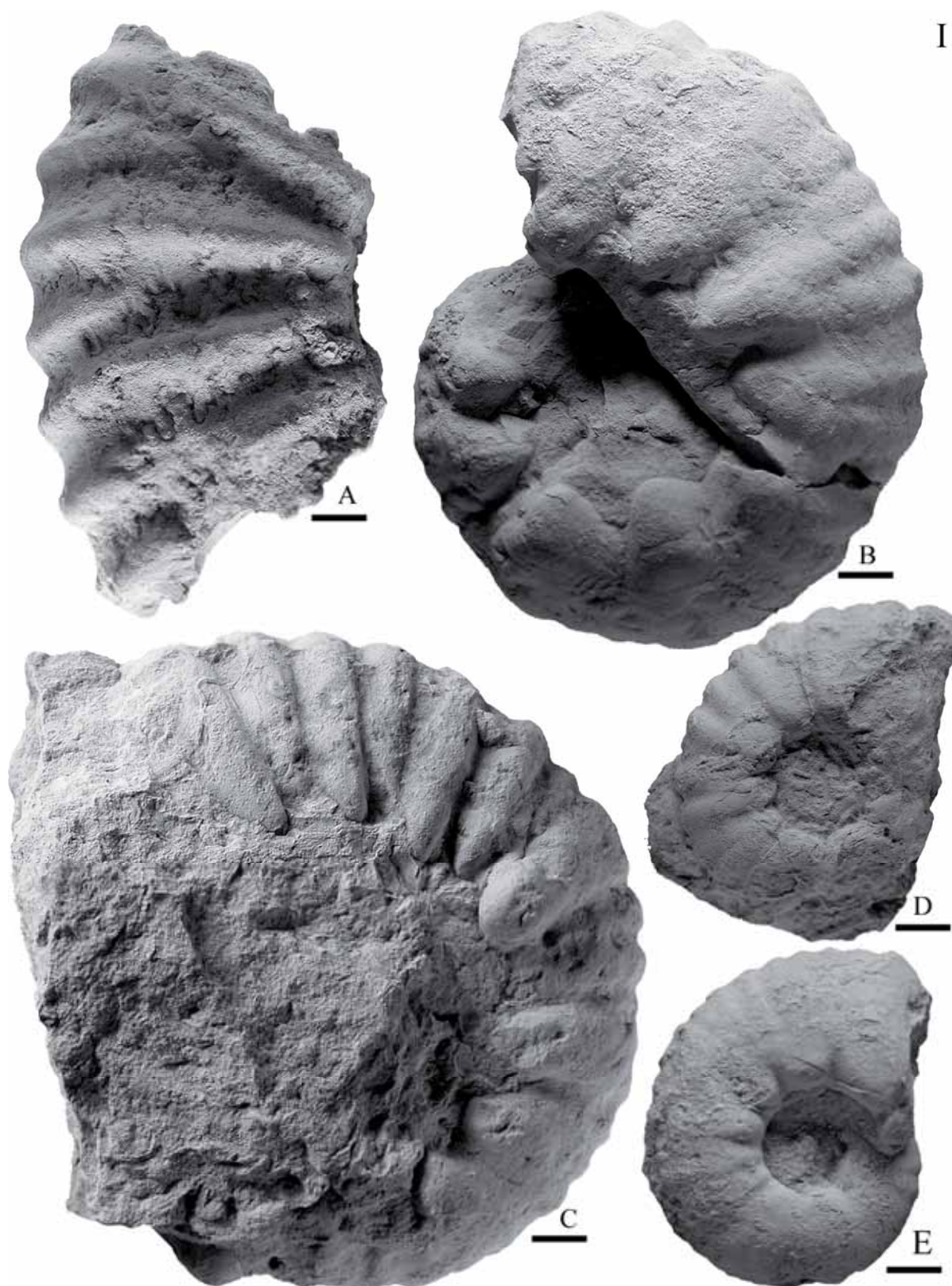


FIGURE I: A: *Deshayesites* gr. *euglyphus/spathi*, specimen PUAB 68517, Todolella section, sample TOMo-3. B: *Roloboceras hambrovi* (Forbes), specimen MV 673.1, Mas del Roc section, sample MRMo-2. C: *Roloboceras hambrovi*, specimen MV

644.1, Cap de Vinyet section, sample CVMo-3. D: *Roloboceras hambrovi*, specimen PUAB 48049, Tejería de Josa section, equivalent to sample TJOI-1. E: *Roloboceras hispanicum*, specimen PUAB 48102, Tejería de Josa section, equivalent to sample TJOI-1. Scale bar, 1cm.

II



FIGURE II: A: *Roboceras hambrovi*, specimen CPT-3790, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-6. Scale bar, 1cm.

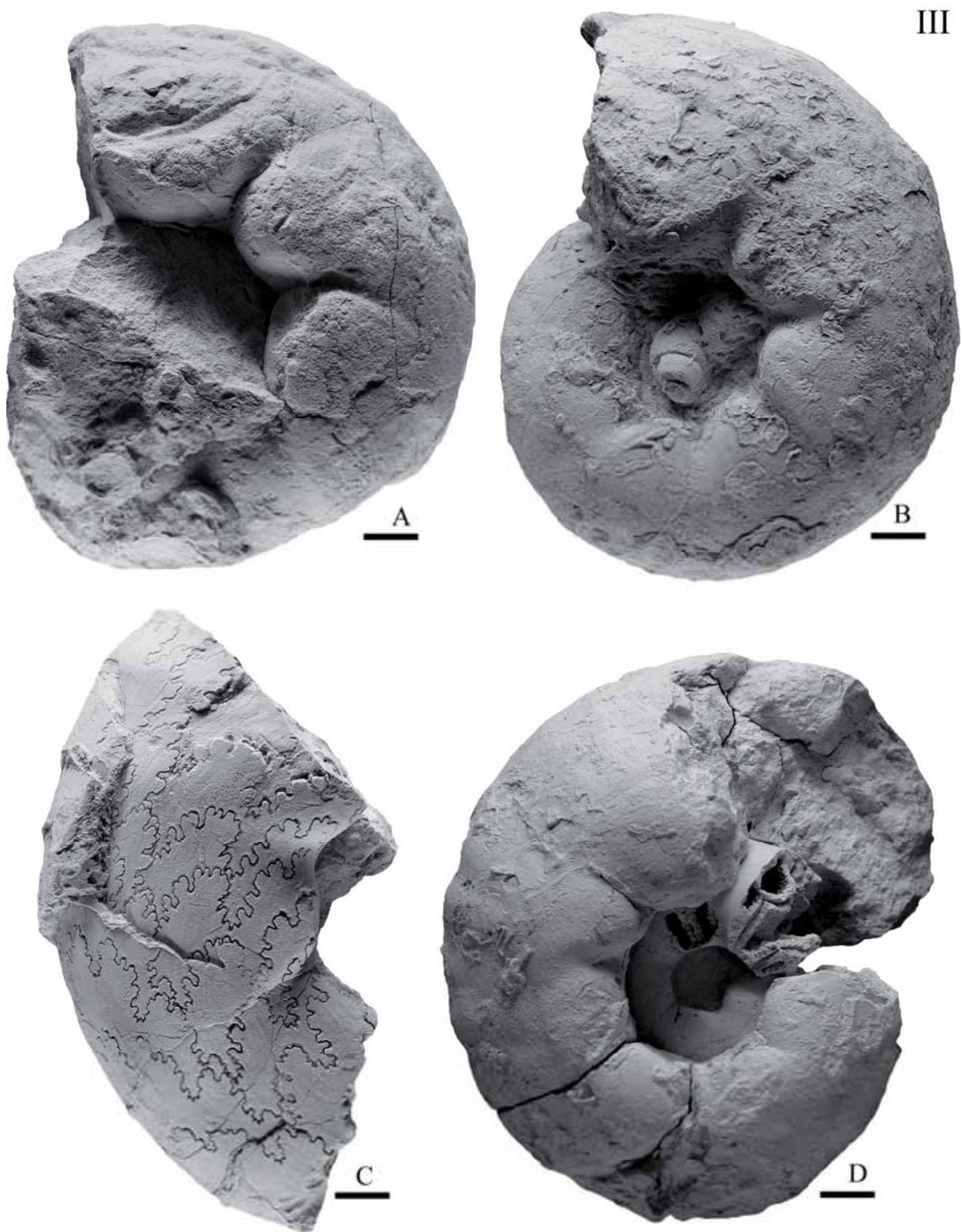


FIGURE III: A: *Roboceras hispanicum*, specimen CPT-3234, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-3. B: *Roboceras hispanicum*, specimen RA-1

(Ramiro Álvarez. Barcelona, Particular collection), Tejería de Josa section, equivalent to sample TJOI-1. C: *Roloboceras hispanicum*, specimen CPT-3788, Tejería de Josa section, sample TJOI-1. D: *Roloboceras hispanicum*, specimen RM-2 (Ramon Margalef, Barcelona particular collection), Tejería de Josa section, equivalent to sample TJOI-1. Scale bar, 1cm.

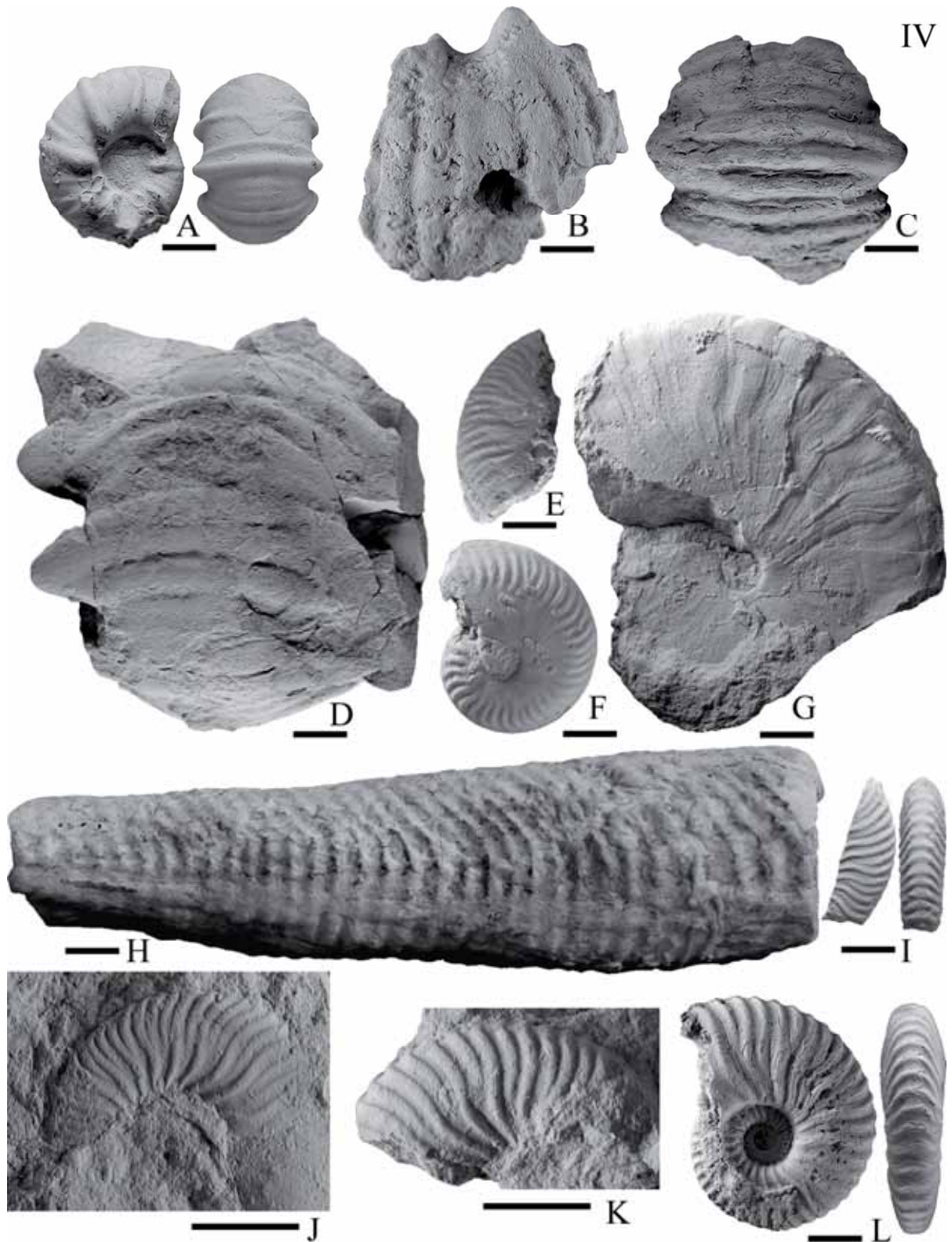


FIGURE IV: A: *Roboceras* sp., specimen PUAB 48136, Tejería de Josa section, equivalent to sample TJOI-1. B: *Megatyloceras coronatum*, specimen MV 645.3, Cap de Vinyet section, sample CVMo-2. C: *Megatyloceras coronatum*, specimen PUAB 48008, Tejería de Josa section, equivalent to sample TJOI-1. D:

Megatyloceras coronatum specimen MV 674.1, Mas del Roc section, sample MRMo-3. E: *Pseudosaynella bicurvata*, specimen PUAB 5911 Tejería de Josa section, equivalent to sample TJOI-1. F: *Pseudosaynella undulata*, specimen PUAB 48385, Tejería de Josa, equivalent to sample TJOI-1. G: *Barremites* sp. specimen CPT-3729, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-8. H: *Lithancylus* cf. *grandis*, specimen MSM 46-A-120, Xert (Castelló). I: *Deshayesites deshayesi*, juvenile specimen CPT-3612, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-14. J: *Deshayesites deshayesi*, specimen MV 650.1, Cap de Vinyet section, sample CVMo-6. K: *Deshayesites deshayesi*, specimen MV 471.7, Todolella section, sample TOMo-9. L: *Deshayesites deshayesi*, specimen MGSB 73018, Morella area. Scale bar, 1cm.

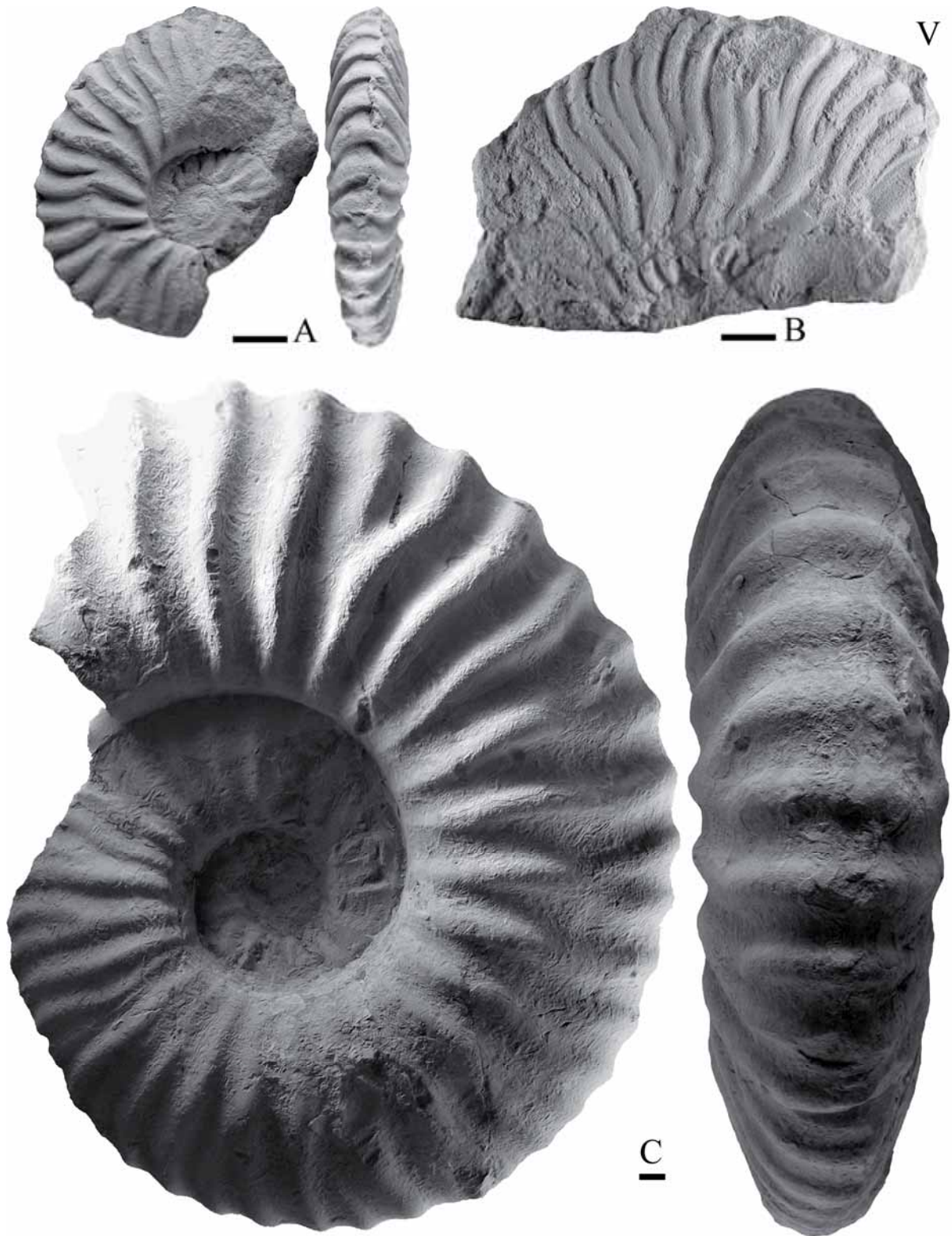


FIGURE V: A: *Deshayesites vectensis*, specimen CPT-3237, El Portulés, La Solana section, sample SOGa-1. B: *Deshayesites grandis*, specimen CPT-3236 from Villarroya de los Pinares area. C: *Deshayesites* sp., specimen CPT-3624, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-19. Scale bar, 1cm.

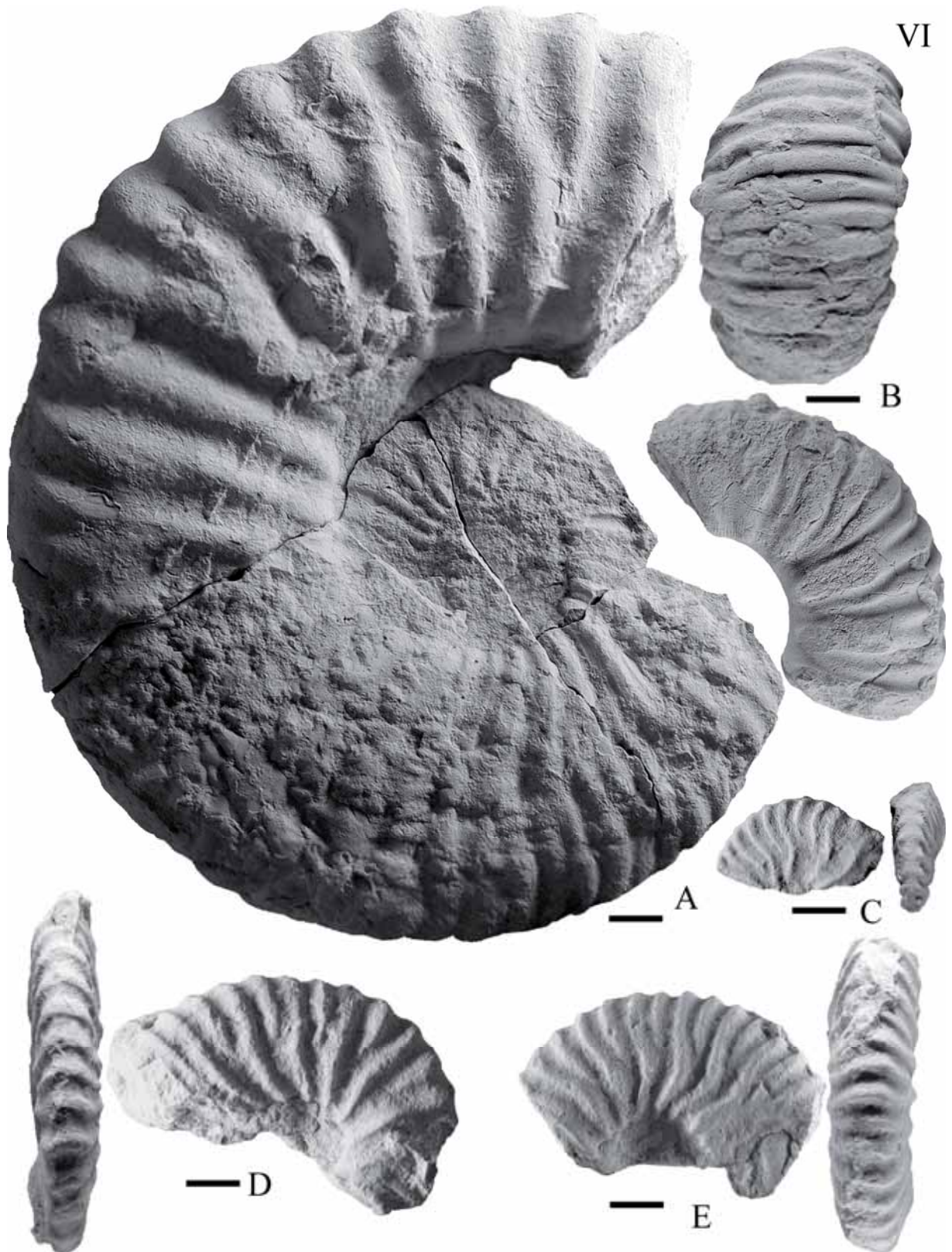


FIGURE VI: A: *Deshayesites latilobatus/involutus*, sub-adult specimen CPT-3567, El Portules, Villarroya de los Pinares area. B: *Cheloniceras cornuelianum* (d'Orbigny), specimen CPT-3235 from Villarroya de los Pinares area. C: *Dufrenoyia cf. dufrenoyi*, specimen CPT-3697, Barranco de las Calzadas section,

sample BCGa-20. D: *Dufrenoyia furcata*, specimen CPT-3637, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-20. E: *Dufrenoyia furcata*, specimen CPT-3656, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-20. Scale bar, 1cm.

VII



FIGURE VII: A: *Proaustraliceras* cf. *gigas*, specimen PUAB 48642, Villarroya de los Pinares area, lower part of *Deshayesites deshayesi* zone. Scale bar, 1cm.

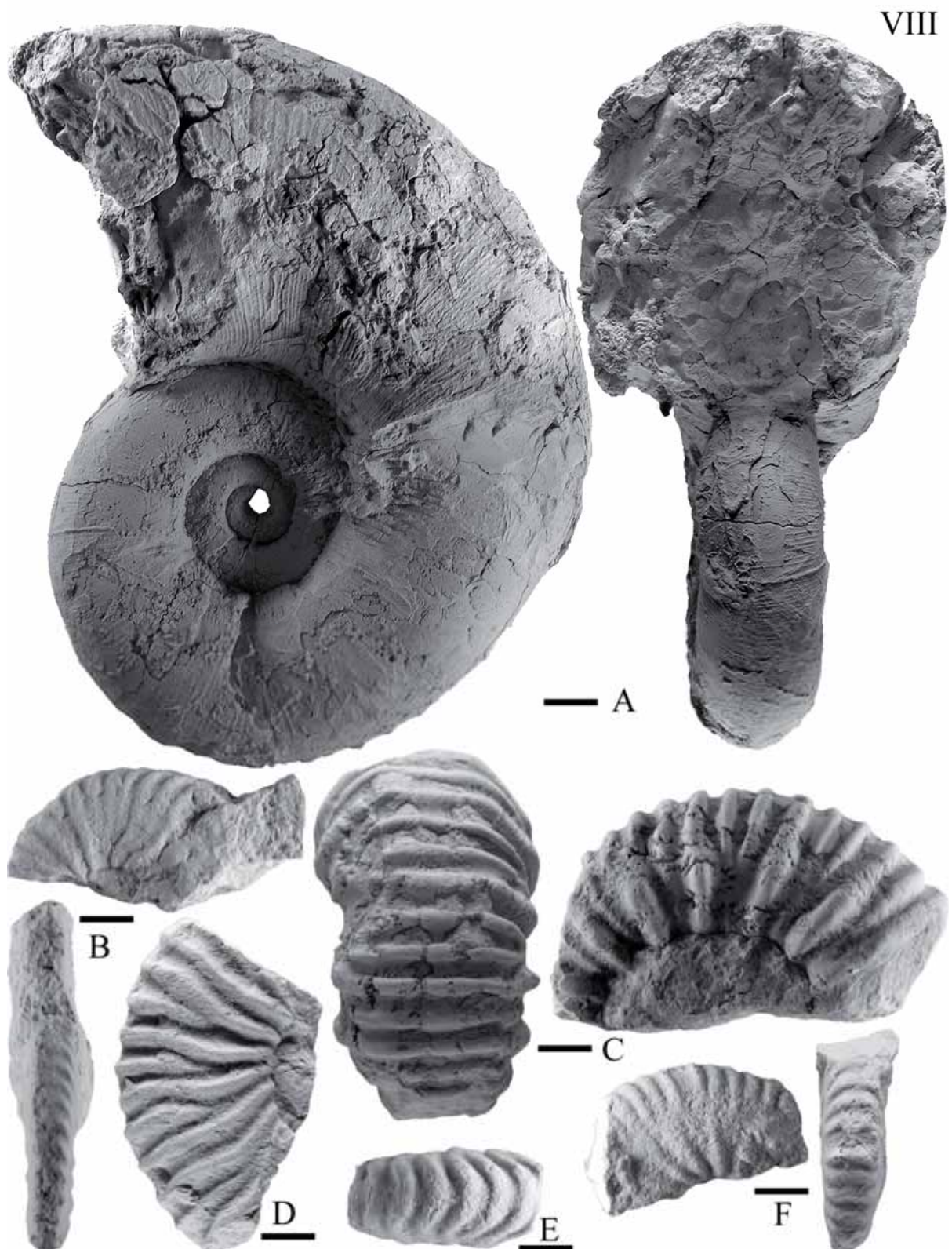


FIGURE VIII: A: *Lytoceras belliseptatum* specimen DT-2 (Domingo Tolos collection, La Jana, Castelló), Mas del Roc section, (equivalent to samples MRMo-

11-13). **B:** *Dufrenoyia* cf. *praedufrenoyi*, specimen CPT-3660, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-20. **C:** *Cheloniceras cornuelianum*, specimen CPT-3726, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-21. **D:** *Dufrenoyia furcata*, specimen CPT-3690, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-20. **E:** *Dufrenoyia furcata*, specimen CPT-3686, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-20. **F:** *Dufrenoyia* cf. *transitoria*, specimen CPT-3679, Barranco de las Calzadas section, sample BCGa-20. Scale bar, 1cm.

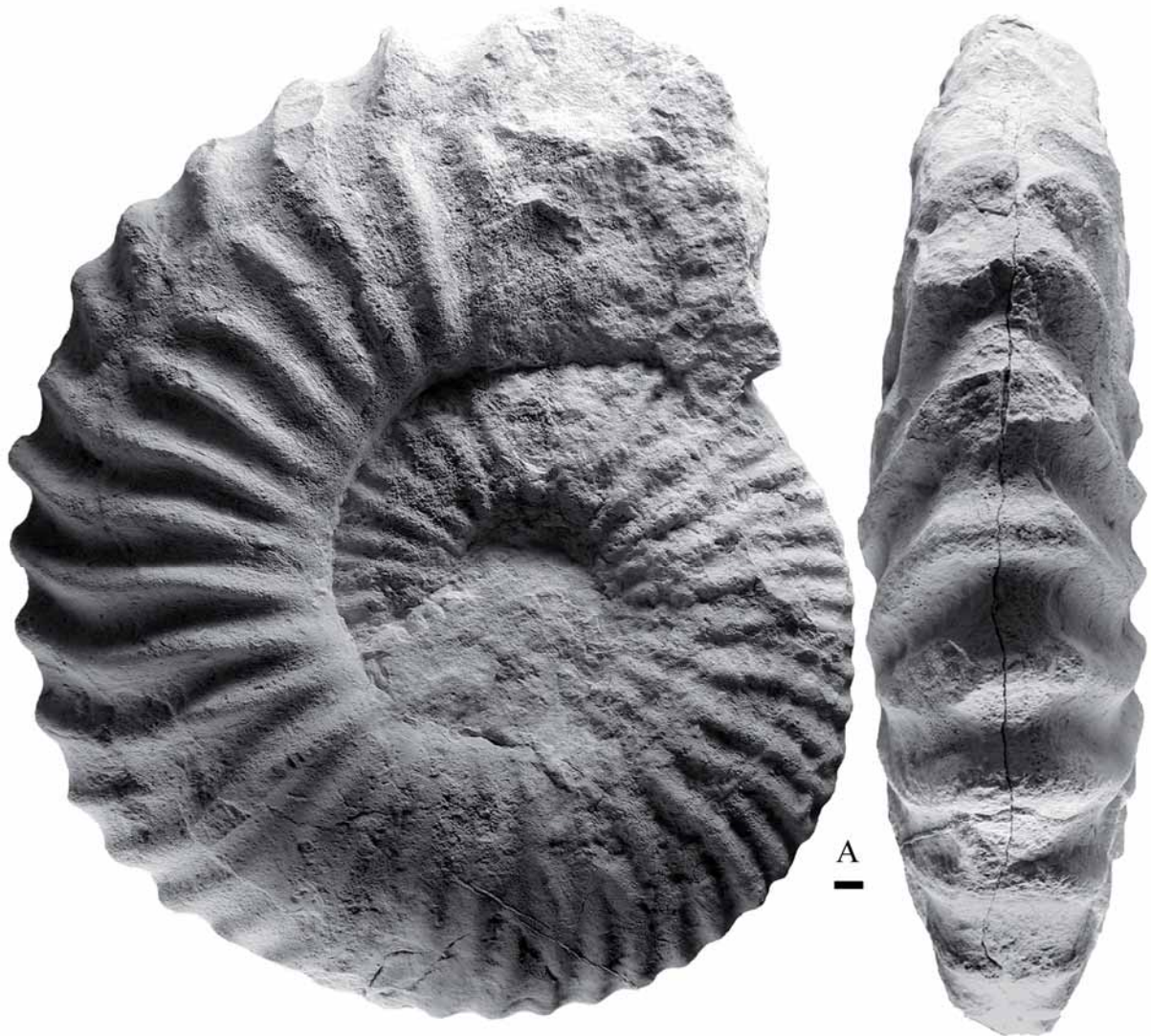


FIGURE IX: A: *Dufrenoyia furcata* specimen DT-1, Noguerauelas. Scale bar, 1cm.

J.A. Moreno-Bedmar

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica
Universitat de Barcelona
Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona
Spain

Barcelona, 11 of December, 2009

The paper “Lower Aptian ammonite and carbon isotope stratigraphy in the eastern Prebetic Domain (Betic Cordillera, southeastern Spain)” by J.A. MORENO-BEDMAR, M. COMPANY, J. SANDOVAL, J.M. TAVERA, T. BOVER-ARNAL, R. SALAS, G. DELANOY, F.J.-M.R. MAURRASSE and R. MARTÍNEZ has been submitted for possible publication in **Geologica Acta** on 11 of December, 2009. This paper has been included in the editorial process that will determine its possible acceptance.

Signed:



Lluís Cabrera
Scientific Editor

Resum

Durant l'Aptià inferior van tindre lloc grans canvis globals paleobiològics i paleoambientals. Una datació precisa d'aquests canvis és crucial per determinar possibles relacions de causa-efecte. En aquest sentit la combinació de dades biostratigràfiques i quimiostratigràfiques proporciona una excel·lent eina per tindre un precís control del temps. Les correlacions realitzades amb anterioritat, del registre de carboni isotòpic i la biozonació d'ammonits durant l'Aptià inferior, mostra conclusions contradictòries. En aquest treball es presenta, de forma integrada, l'anàlisi estratigràfic de la distribució dels ammonits i el registre isotòpic de carboni, d'alta resolució, de diverses seccions de l'Aptià inferior del sector est del Domini Prebètic (Cordillera Bètica, Sud-est d'Espanya). Es reconeixen, de més antic a més nou, les biozones: *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*. Aquesta successió és la mateixa reconeguda recentment a l'est de la Cadena Ibèrica per Moreno-Bedmar et al. (2009), i pot ser fàcilment correlacionada amb la biozonació Mediterrània estàndard i la Boreal.

El registre isotòpic de carboni mostra les tendències globals reconegudes a l'Aptià inferior, amb dos segments positius separats per una pronunciada excursió negativa. El calibratge d'aquest registre isotòpic amb la biozonació d'ammonits mostra com l'edat de l'OAE 1a, que es correspon amb la excursió negativa i part del següent segment positiu, es restringeix a la part mitjana/alta de la biozona *Deshayesites forbesi*.

1 **Lower Aptian ammonite and carbon isotope stratigraphy in the eastern Prebetic**
2 **Domain (Betic Cordillera, southeastern Spain).**

3

4 J.A. MORENO-BEDMAR⁽¹⁾; M. COMPANYY⁽²⁾; J. SANDOVAL⁽²⁾, J.M. TAVERA⁽²⁾,
5 T. BOVER-ARNAL⁽³⁾; R. SALAS⁽¹⁾; G. DELANOY⁽⁴⁾; F.J.-M.R. MAURRASSE⁽⁵⁾ and
6 R. MARTÍNEZ⁽⁶⁾

7

8 ⁽¹⁾ **Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica,**
9 **Universitat de Barcelona**

10 Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona, Spain. Moreno-Bedmar E-mail:

11 j.a.moreno@ub.edu Salas E-mail: ramonsalas@ub.edu

12 ⁽²⁾ **Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias,**
13 **Universidad de Granada**

14 Avenida Fuentenueva s/n, 18002 Granada, Spain. E-mail: mcompany@ugr.es

15 ⁽³⁾ **Abteilung Geologie, Fakultät für Biologie, Chemie und**
16 **Geowissenschaften, Universität Bayreuth, Universitätsstr**

17 30, D-95440, Bayreuth, Germany. E-mail: Telm.Bover@uni-bayreuth.de

18 ⁽⁴⁾ **Département des Sciences de la Terre, Université de Nice-Sophia Antipolis.**

19 28 Avenue Valrose F-06100 Nice, France. E-mail: gerard.delanoy06@orange.fr

20 ⁽⁵⁾ **Department of Earth Sciences, Florida International University. 11200 S.W.**

21 8th street, Miami, FL 33199, United States. E-mail: maurrass@fiu.edu

22 ⁽⁶⁾ **Departament de Geologia (Paleontologia). Universitat Autònoma de**
23 **Barcelona.**

24 Edifici C. 08193-Bellaterra, Spain. Martínez E-mail Ricard.Martinez@uab.cat

25

26

ABSTRACT

27

28

29

30

31

32

Major global palaeobiologic and palaeoenvironmental changes occurred during the Early Aptian. Precise dating and timing of the different events is crucial to determine possible cause-to-effect relationships between them. In this regard, the combination of -biostratigraphic and chemostratigraphic data can provide a very useful tool for time control. So far attempts to correlate the Lower Aptian carbon isotope record and the ammonite zonation yielded contradictory conclusions.

33

34

35

36

37

38

39

In this paper, we present the results of an integrated analysis of the ammonite stratigraphic distribution and high-resolution carbon isotope profiles from Lower Aptian sections of the eastern Prebetic Domain (Betic Cordillera, southeastern Spain). We recognized, in ascending order, the *Deshayesites oglanlensis*, *Deshayesites forbesi*, *Deshayesites deshayesi*, and *Dufrenoyia furcata* Zones. This succession is the same as that recently identified in the eastern Iberian Chain by Moreno-Bedmar et al., (2009), and it closely correlates with both standard Mediterranean and Boreal zonations.

40

41

42

43

44

The carbon isotope record displays the trends globally recognized for the Early Aptian, with two long positive shifts separated by a pronounced negative excursion. Calibration of this isotopic record with the ammonite zonation shows that the age of OAE 1a, which corresponds to the negative excursion and subsequent positive shift, is constrained to the middle/upper part of the *Deshayesites forbesi* Zone.

45

46

47

48

49

KEYWORDS: Ammonites, Lower Aptian, OAE 1a, Biostratigraphy, Prebetic Domain, SE. Spain.

50 INTRODUCTION

51 Early Aptian times witnessed major global tectonic, palaeoclimatic,
52 palaeoceanographic and palaeobiologic events. These include enhanced volcanic
53 activity in the Pacific leading to the formation of the Ontong-Java Plateau, large
54 perturbations of the global carbon cycle with widespread episodes of organic-rich
55 sediment deposition, abrupt sea level and temperature changes, biocalcification crisis in
56 both neritic and pelagic organisms, growth and subsequent demise of extensive
57 carbonate platforms.

58 In past recent years various causal relationships between these phenomena have
59 been suggested (e.g. Weisert et al., 1998; Wissler et al., 2003; Weissert and Erba, 2004;
60 Föllmi et al., 2006; Ando et al., 2008; Méhay et al., 2009). Clearly, a precise dating and
61 timing of the different processes is required in order to test these links. In this regard,
62 the carbon isotope stratigraphy has proven to be a powerful tool for regional to global
63 correlation and, combined with biostratigraphy, may offer a high-resolution temporal
64 framework for accurately placing the palaeobiologic and palaeoenvironmental events.

65 Menegatti et al. (1998) proposed a detailed carbon isotope chemostratigraphic
66 scheme for the Lower Aptian substage that has been successfully correlated with
67 planktonic foraminiferal and calcareous nannofossil zonations (e.g. Bralower et al.,
68 1999; Erba et al., 1999; Bellanca et al., 2002; Gea et al., 2003). Until now, available
69 direct calibrations of carbon isotopic records against the ammonite zonation (which
70 provides the highest biostratigraphic resolution for the Lower Aptian interval) show
71 uneven results (Moullade et al., 1998, 2000; Wissler et al., 2002; Gea et al., 2003;
72 Föllmi and Gainon, 2008; Moreno-Bedmar et al., 2008, 2009; Price et al., 2008; García-
73 Mondéjar et al., 2009; Lehmann et al., 2009; Millán et al., 2009).

74 In this paper, we present the outcome of the analysis of the ammonite stratigraphic
75 distribution and high-resolution carbon isotope profiles from Lower Aptian sections of
76 the eastern Prebetic Domain (Betic Cordillera, southeastern Spain). The sediments
77 studied are of hemipelagic facies with diverse and abundant ammonites, especially the
78 deshaysitids, the group which serves as the basis for the Lower Aptian standard
79 zonations. The sections studied are well exposed, and they include a complete,
80 continuous, moderately expanded record, free of apparent hiatus and major
81 condensations in the succession of the bio- and chemostratigraphic events. The
82 reliability of the data allowed us to establish an accurate correlation between the
83 ammonite zonation and the carbon isotope record.

84

85 **GEOLOGICAL SETTING AND SECTIONS STUDIED**

86 All the sections studied are located in the Prebetic Zone (Fig. 1), a tectonic
87 domain that constituted a vast epeiric platform on the passive southern margin of the
88 Iberian Plate during the Early Cretaceous. This platform extended from shallow
89 carbonate shelf environments in the north to distal hemipelagic environments to the
90 south, which was further connected to a complex pelagic domain (Subbetic Zone).

91 The sections sampled are mainly composed of green to grey marls, with
92 intermittent marly to sandy limestone beds. Limestones are even-parallel to wavy, or
93 even nodular. Microscopically they consist of mudstones, wackestones and packstones.
94 Fine sandstone beds are also occasionally present in the more distal sections.
95 Ammonites, as well as planktonic and benthonic foraminifera, are abundant, whereas
96 nautiloids, belemnites, bivalves, brachiopods and echinoids are rare. These sediments
97 correspond to the Almadich Formation (Castro, 1998) and have been interpreted as

98 deposited in outer-ramp environments under hemipelagic conditions (Castro, 1998; de
99 Gea, 2004; Castro et al., 2008).

100 The age of the Almadich Formation varies laterally. It ranges from late Barremian
101 to late Aptian in the southern sections, but towards the north the lower part intergrades
102 with Urgonian facies of the Llopis Fm (Fig. 2), and the upper part is also reported to
103 change into the Seguli Formation, of Urgonian facies as well (Castro, 1998; Castro et
104 al., 2008).

105 For the present study more than 1600 ammonite specimens were collected mostly
106 bed-by-bed in all the sections studied. In general the specimens are sufficiently well
107 preserved to allow identification for biostratigraphic purposes. The ammonite
108 specimens are now housed in the palaeontological collections of the Universities of
109 Barcelona and Granada, respectively. They come from the following localities (Fig. 1):

110 *Mas de Llopis* (co-ordinates: 38°45'35"N, 0°28'56"W), on the eastern side of
111 Serra Mariola, 4 km WNW of Cocentaina. Although the outcrop conditions do not
112 allow a systematic sampling, the ammonite fauna collected in the Almadich Formation
113 at that locality reveals the presence of the *D. forbesi* (?), *D. deshayesi* and *D. furcata*
114 Zones. The lowermost Aptian is represented by limestones with rudists and orbitolines
115 of the Llopis Formation. Previous biostratigraphic data on this section were provided by
116 Nicklès (1892), Fallot (1943), Darder (1945), Busnardo et al. (1968) and Castro (1998).

117 *Barranc de l'Almadich* (co-ordinates: 38°44'28"N, 0°06'58"W), along a steep
118 slope between the Almadich Gully and the Mirabò Mountain, 1.5 km SSW of
119 Benigembla. This site is the type locality of the Almadich Formation, but its lack of
120 exposure, including many observational gaps, prevented from carrying out a detailed
121 sampling. Nevertheless, the *D. forbesi* Zone has been identified immediately above the
122 top of the underlying Llopis Formation, and the *D. deshayesi* and *D. furcata* Zones have

123 also been recognized in superjacent levels. This section was previously described by
124 Castro (1998)

125 *Cau* (co-ordinates: 38°42'14"N, 0°00'19"W), on the western side of the Sella del
126 Cau, 5 km WSW of Benissa. This section includes a fairly complete record of the *D.*
127 *forbesi*, *D. deshayesi* and *D. furcata* Zones. OAE 1a occurs in a dark laminated marls
128 towards the middle of the section. Previous works on the Cau section include those of
129 Darder (1945), Castro (1998), Aguado et al. (1999), and de Gea et al. (2003). The
130 ammonite stratigraphic distribution in this section is shown in Fig. 3.

131 *Racó Ample* (co-ordinates: 38°31'07"N, 0°22'04"W), at the eastern foothills of the
132 Cabeçó d'Or, 2 km N of Aigües. The Cabeçó d'Or constitutes the southernmost outcrop
133 of a vast area extending to the NE up to the Altea region. That whole area behaved as a
134 distal swell from the late Valanginian until the earliest Aptian (Granier, 1987; Castro,
135 1998), so that sediments of this time interval are very reduced or even absent. The
136 Almadich Formation directly overlies lower Valanginian calcarenites in the section
137 sampled at that site. Ammonites are abundant throughout the section (Fig.4), which
138 includes the *D. forbesi*, *D. deshayesi* and *D. furcata* Zones, respectively. Stratigraphic
139 and palaeontologic data of this area were previously reported by Lillo Beviá (1973a;
140 1975a, 1975b, 1975c), Estévez et al. (1984), Granier (1987) and Castro (1998).

141 *Serra de Fontcalent*. Sampling was carried out in two sections (Figs. 5A and 5B)
142 along the south-eastern slope of this small mountain located 8 km W of Alicante. One
143 of the sections (co-ordinates: 38°21'33"N, 0°34'10"W) spans the Barremian/Aptian
144 boundary interval; the other (co-ordinates: 38°20'56"N, 0°35'12"W) corresponds to the
145 *D. furcata* Zone. The Lower Cretaceous succession of the Serra de Fontcalent is one of
146 the most characteristic of the eastern Prebetic, and has been analysed by many authors

147 (Nicklès, 1892; Jiménez de Cisneros, 1917; Lillo Beviá, 1973b; Rasplus et al., 1987;
148 Castro, 1998, Company et al., 2004 and de Gea, 2004, among others).

149 *L'Alcoraia* (co-ordinates: 38°22'25"N, 0°37'04"W), on a small foothill of Serra
150 Mitjana, 12 km WNW of Alicante. The section encompasses the whole Lower Aptian,
151 but since it is partly covered by alluvial deposits only the *D. oglanlensis*, *D. forbesi* and
152 *D. furcata* Zones are visible (Fig. 6). The Lower Cretaceous ammonite succession of
153 this locality have been the subject of numerous previous studies (Jiménez de Cisneros,
154 1906, 1917; Wiedmann, 1966a, 1966b; Azéma 1975, 1977; Lillo, 1973b, 1975a, 1975b,
155 1975c; Company et al., 2004, and de Gea, 2004).

156

157 **AMMONITE BIOSTRATIGRAPHY**

158 The analysis of the ammonite succession in the sampled sections shows that the
159 zonal scheme recently proposed by Moreno-Bedmar et al. (in press) for the Lower
160 Aptian of the eastern Iberian Chain can also be satisfactory applied in the Prebetic
161 Domain. This scheme, which slightly modifies the current standard zonation (Reboulet
162 and Klein et al., 2009), comprises, from oldest to youngest, the following zones:

163

164 ***Deshayesites oglanlensis* Zone**

165 The lower boundary of this zone, which marks also the base of the Aptian stage, is
166 defined by the first occurrence of its index species, *Deshayesites oglanlensis*
167 Bogdanova. This zone was proposed by Raisossadat (2002) in substitution of the former
168 *Deshayesites tuarkyricus* Zone, because *D. oglanlensis* has a wide geographical
169 distribution. This taxon occurs from Spain to Iran, whereas *Deshayesites tuarkyricus*
170 Bogdanova, has been found only in Turkmenistan. This replacement was adopted by the
171 Lower Cretaceous Ammonite Working Group (the "Kilian Group") and introduced in

172 the most recent versions of the standard Mediterranean zonation (Reboulet et al., 2006;
173 Reboulet et al., 2009).

174 This zone has been recognized only in the L'Alcoraia and Fontcalent (X.Fc)
175 sections, where we have found rich populations of *Deshayesites luppovi* Bogdanova
176 (Fig. 7A-B, Electronic annex (E.a.), I A-D). The latter species was originally reported
177 from the upper part of the *Deshayesites tuarkyricus* Zone and the base of the
178 *Deshayesites weissii* Zone (Bogdanova, 1979, 1983). As all our specimens come from a
179 short stratigraphic interval situated several meters below the first occurrence of
180 *Deshayesites forbesi* Casey (Fig. 8), which characterizes the overlying zone, we assign
181 them to the *Deshayesites oglanlensis* Zone. This interval containing abundant *D.*
182 *luppovi* was also reported, in a similar stratigraphic position, from the Vocontian basin,
183 where Delanoy (1995, 1997) identified these forms as *Deshayesites* sp.
184 (= *Prodeshayesites* cf. *tenuicostatus* in Delanoy, 1991), and the Subbetic Domain
185 (Aguado et al., 1997).

186 It is worth noting that in the Vocontian basin as well as in the Subbetic Domain,
187 the *D. luppovi* horizon lies shortly above the first appearance of *D. oglanlensis*. Based
188 on such stratigraphic consistency, the lower boundary of the Aptian should also be
189 placed some metres below the *D. luppovi* horizon in the Alcoraia and Fontcalent (X.Fc)
190 sections. However, in the absence of age-diagnostic species below this interval, the
191 exact position of the Barremian-Aptian boundary remains uncertain. Indeed, the fauna
192 accompanying *D. luppovi* is mostly composed of taxa inherited from the latest
193 Barremian, which become extinct in this zone, such as *Kutatissites* (Electronic annex
194 (E.a.), I E) and *Procheloniceras*, together with long-ranging forms, such as *Barremites*
195 *strettostoma* Uhlig and the genera *Pseudohaploceras*, *Melchiorites* (*Melchiorites*
196 *melchioris*, Electronic annex (E.a.), I G), *Toxoceratoides* (*Toxoceratoides* sp., E.a. I G),

197 *Macroscephites*, *Phyllophyceras* (*Phyllophyceras infundibulum*, E.a. I F), and
198 *Hypophylloceras*.

199

200 ***Deshayesites forbesi* Zone**

201 The species *Deshayesites weissi* (Neumayr and Uhlig) has been widely used to
202 characterize the second zone of the Aptian stage, as used in all the successive versions
203 of the standard Mediterranean zonation (Hoedemaeker and Bulot, 1990; Hoedemaeker
204 and Company et al., 1993; Hoedemaeker et al., 1995; Rawson et al., 1999;
205 Hoedemaeker and Rawson, 2000; Hoedemaeker et al., 2003; Reboulet et al., 2006;
206 Reboulet et al., 2009). Nonetheless, several authors (Bogdanova and Mikhailova, 2004;
207 Ropolo et al., 2006; Reboulet et al., 2006; Reboulet et al., 2009; García-Mondéjar et al.,
208 2009; Moreno-Bedmar et al., in press) have recently questioned the suitability of this
209 species as zonal index. In fact, despite frequent report of its presence in the
210 Mediterranean province, *D. weissi* is not a well-characterized species, because the
211 original figures (Neumayr and Uhlig, 1881; Koenen, 1902) are difficult to interpret.
212 Furthermore, the type specimens seem to be lost, and their stratigraphic position is
213 unknown. These problems led Moreno-Bedmar et al. (in press) to propose the use of
214 *Deshayesites forbesi* Casey as index species of the second zone of the Aptian in their
215 biostratigraphic scheme for the eastern Iberian Chain. This alternative is appropriate
216 also for the Prebetic Domain, where *D. forbesi* (Fig. 7C-D; E.a. I I-L; E.a. II C, E, G-H,
217 K-M, Q; E.a. III A-B, E-F) is very well represented by a large number of specimens.
218 This choice allows a direct correlation with the Boreal Realm where *D. forbesi* has also
219 been used as index of the second zone of the Aptian stage in the classic zonation for the
220 English Lower Greensand (Casey, 1961a; Casey et al., 1998). Moreover, *D. forbesi*
221 shows close characteristics related to *Deshayesites volgensis* Sazonova, which

222 characterizes the same stratigraphic interval in the Russian Platform (Baraboshkin and
223 Mikhailova, 2002; Bogdanova and Mikhailova, 2004).

224 The *D. forbesi* Zone has been recognized in the Cau, Racó Ample, Fontcalent
225 (X.Fc) and L'Alcoraia sections, and in the Barranc de l'Almadic outcrop. Generally the
226 assemblages from this zone are dominated by deshayesitids. However, they are very
227 scarce, or even absent, in the upper part of the zone in the Cau section coinciding with
228 the presence of deeper, organic-rich sediments. In the other sections, *D. forbesi* and the
229 closely related *D. euglyphus* Casey (E.a. II A-B, D, F, I-J, N-P; E.a. III C-D, G) are the
230 dominant components of the fauna. In contrast, we have only found a single, loose
231 specimen attributable to *D. weissii* (Fig. 7F). It should be noted that in the upper part of
232 the zone in the Racó Ample section, there is occurrence of a few juvenile specimens
233 very similar to *D. forbesi*, but they develop an incipient smooth siphonal band. These
234 specimens, which coexist with typical *D. forbesi*, are here designated *D. aff. forbesi*
235 (Fig. 7E), and interpreted as transitional forms to *D. deshayesi*.

236 Cheloniceratids are rare and badly preserved, which generally prevents the
237 identification to the species level. Also worth mentioning is the occurrence of a single
238 fragmentary specimen of *Megatyloceras coronatum* (Rouchadze) (Fig. 7H) at the base
239 of the Racó Ample section. This markedly contrasts with the assemblages from the
240 eastern Iberian Chain, in which the genera *Roloboceras* and *Megatyloceras* constitute,
241 together with *Pseudosaynella*, the main components of the fauna present in the
242 middle/upper part of the *Deshayesites forbesi* Zone. In fact, Moreno-Bedmar et al. (in
243 press) further defined a *Roloboceras hambrovi* Horizon corresponding to that
244 stratigraphic interval. The strong differences between the compositions of the
245 assemblages in both areas can only be explained by taking into account

246 palaeogeographic factors, as the Prebetic sections correspond to more distal
247 environments than the ones from the Iberian domain.

248 Two fragmentary aconeceratids were collected also from the lowermost part of the
249 Racó Ample section. We tentatively attribute these specimens to the species *Sinzovia*
250 *trautscholdi* (Sinzow) (Fig. 7G). This species has been very rarely reported in the
251 Mediterranean province, but it is a common component of the *Deshayesites volgensis*
252 Zone assemblages in the Russian Platform (see, for instance, Baraboshkin and
253 Mikhailova, 2002).

254 Desmoceratids are abundant in the studied sections, and mostly belong to the
255 genera *Pseudohaploceras* (*Pseudohaploceras* sp., E.a. IV A), *Melchiorites*
256 (*Melchiorites melchioris*, E.a. III J-L) and *Barremites*. The species *Barremites*
257 *strettostoma* (Uhlig) (E.a. III H-I, O-Q), which appear in the Upper Barremian, has its
258 last occurrence within the *Deshayesites forbesi* Zone. It is succeeded by the
259 morphologically close species *Pseudosaynella undulata* (Sarasin) (E.a. III R), which
260 first appear in the middle/upper part of the zone (= *Roloboceras hambrovi* Horizon).

261

262 ***Deshayesites deshayesi* Zone**

263 The “Zone à *Hoplites Deshayesi* et *Ancyloceras Matheroni*” was first introduced
264 by Jacob (1907) to refer to the entire Bedoulian. In the current use, the *Deshayesites*
265 *deshayesi* Zone covers a much more restricted stratigraphic interval between the first
266 occurrences of *Deshayesites deshayesi* (d’Orbigny) and *Dufrenoyia furcata* (Sowerby),
267 respectively. We recognized this biostratigraphic interval in the Cau and Racó Ample
268 sections, and in the Mas de Llopis and Barranc de l’Almadic outcrops. Assemblages
269 from this zone are mainly composed of deshayesitids and desmoceratids.

270 Deshayesitids are represented by *D. deshayesi* (Fig. 7I-J; E.a. IV E-F, J-K), *D.*
271 *grandis* (Spath) (Fig. 7K, E.a. IV D, G; E.a. V A, G), *D. latilobatus involutus* group
272 (E.a. IV I), and *D. sp.* (E.a. IV L). The species *D. deshayesi* was very widely and
273 differently interpreted in the old literature before Casey (1961a, 1964) definitely fixed
274 its taxonomic status and clarified its actual stratigraphic position. According to this
275 author, in the English Lower Greensand, *D. deshayesi* would only be present in the lower
276 half of its zone (= *Cheloniceras parinodum* Subzone), whereas the upper part would be
277 characterized by the occurrence of *D. grandis*. The *D. grandis* Subzone was later
278 recognized also in southeastern France (Ropolo et al., 2000, 2006; Dutour, 2005) and,
279 consequently, it was introduced in the latest versions of the standard Mediterranean
280 zonation (Reboulet et al., 2006; Reboulet et al., 2009). In the Cau section, we also found
281 *D. grandis* in the upper part of the zone, above typical *D. deshayesi*.

282 As found in lower levels, desmoceratids are also common components of the
283 fauna of the *Deshayesites deshayesi* Zone where they are mainly represented by the
284 genera *Pseudohaploceras* (*Pseudohaploceras* sp., E.a. VI A) and *Melchiorites*. In this
285 zone, the species *Melchiorites melchioris* (Tietze), which appears in the Upper
286 Barremian and is still present in the *Deshayesites oglanlensis* and *Deshayesites forbesi*
287 Zones, is replaced by *Melchiorites strigosus* (Fallot) (E.a. V D). This taxon persists until
288 the *Epicheloniceras martini* Zone, in the Middle Aptian (see also Dutour, 2005). The
289 genus *Pseudosaynella* also has its last occurrences in the *Deshayesites deshayesi* Zone
290 (see also Moreno-Bedmar et al., in press).

291 Other groups, like cheloniceratids, ancyloceratids (*Toxoceratoides royerianus*,
292 E.a. IV H), macroscaphitids, phylloceratids and lytoceratids are scarcer, and
293 biostratigraphically less significant. Cheloniceratids are, in general, not well preserved
294 and only the species *Cheloniceras cornuelianum* (E.a. V H) has been positively

295 identified in these beds. However, this species seems to have a long stratigraphic range,
296 as it has been reported from the *Deshayesites forbesi* Zone (= *Deshayesites weissi* Zone,
297 Bogdanova and Tovbina, 1994; Delanoy, 1995), up to the base of the middle Aptian
298 *Epicheloniceras martini* Zone (Ropolo et al., 2008). Among the ancyloceratids, we have
299 identified *Toxoceratoides royerianus* (d'Orbigny) and *Hamiticeras carcitanense*
300 (Matheron). The former species, or closely related forms, is found in our sections from
301 the *Deshayesites forbesi* Zone up to the *Dufrenoyia furcata* Zone. *H. carcitanense* has
302 previously been reported from the *Deshayesites deshayesi* Zone (Ropolo et al., 2000;
303 Moreno, 2007), but also from the *Epicheloniceras martini* Zone (Conte, 1995). We
304 found this species both in the *Deshayesites deshayesi* Zone of the Mas de Llopis
305 outcrop, and in the *Epicheloniceras martini* Zone of the Racó Ample section.

306

307 ***Dufrenoyia furcata* Zone**

308 Jacob (1907) was the first to use a “Sous-zone à *Oppelia nisus* et *Hoplites*
309 *furcatus*”, which he placed at the base of the Gargasian. As currently interpreted, the
310 *Dufrenoyia furcata* Zone constitutes the uppermost subdivision of the Lower Aptian,
311 even though some controversies have recently arisen on this point (Conte, 1995; Atrops
312 and Dutour, 2002; Dutour, 2005; Reboulet et al., 2006; Ropolo et al., 2006).

313 We recognized the *Dufrenoyia furcata* Zone in all the localities studied. The
314 lower boundary of this zone is marked by the appearance of the genus *Dufrenoyia*,
315 which entirely replaces the genus *Deshayesites* characteristic of infrajacent levels.
316 Dutour (2005), in his study on the Aptian of southeastern France, proposed to subdivide
317 the *Dufrenoyia furcata* Zone into two subzones featured by the consecutive occurrence
318 of *Dufrenoyia furcata* (Sowerby) and *Dufrenoyia dufrenoyi* (d'Orbigny). This
319 subdivision has subsequently been recognized in the eastern Iberian Chain (Moreno-

320 Bedmar et al., in press), and can also be identified in the Prebetic Domain (Fig. 8). In
321 the sections we analysed, *D. furcata* (Fig. 7M, R, E.a. V E) occurs within a very short
322 stratigraphic interval at the base of the zone, and is rapidly replaced by *D. dufrenoyi*
323 (Fig. 7L, O; E.a. V B-C, F; E.a. VI B-H; E.a. VII B-D) that characterizes the rest of the
324 unit.

325 The genus *Colombiceras* is another important component of the assemblages from
326 this zone. It is a member of the family Parahoplitidae, and is usually considered as
327 characteristic of the middle Aptian. However, its occurrence in the *Dufrenoyia furcata*
328 Zone, or equivalent levels, has been consistently reported from different geographic
329 areas (Demay and Thomel, 1986; Barragán-Manzo and Méndez-Franco, 2005; Dutour,
330 2005; Barragán and Maurrasse, 2008; Moreno-Bedmar et al., in press). In the sections
331 studied, *Colombiceras* is present throughout the *Dufrenoyia furcata* Zone. It is
332 represented by coarse-ribbed specimens *Colombiceras* aff. *spathi* Humphrey (Fig. 7P;
333 E.a. VII G, I), similar to *Colombiceras spathi*, as interpreted by Barragán (2001) and
334 Barragán and Maurrasse, 2008).

335 Cheloniceratids are less frequent, represented by *Ch. cornuelianum*, which
336 appears in the *Deshayesites deshayesi* Zone, and extends into the *Dufrenoyia furcata*
337 Zone. In addition, a few specimens of *Cheloniceras meyndorffi* (d'Orbigny) (Fig. 7S)
338 were found in the upper beds of the zone in the L'Alcoraia and Cau sections. This
339 species, which already shows some transitional characters to the genus *Epicheloniceras*,
340 has previously been used to characterize the upper part of the *Tropaeum bowerbanki*
341 Zone in southern England (Casey, 1961a; Casey et al., 1998), and the upper part of the
342 *Dufrenoyia furcata* Zone in southeastern France (Ropolo et al., 2008). Also worth
343 mentioning is our finding, near the base of the zone in the Fontcalent (X.Fc₁) section, of
344 a few single-ribbed and ventro-laterally tuberculated cheloniceratids (Fig. 7Q; E.a. VII

345 E) that recall some small-sized (microconch?) forms of *Epicheloniceras* usually coming
346 from higher levels (see Casey, 1962, text-fig. 88).

347 Less significant components of the assemblages from this zone include, among
348 others, the genera *Costidiscus* (*Costidiscus recticostatus*, E.a. VII N) and
349 *Macroscaphites* (*Macroscaphites yvani*, E.a. VII H), which seem to become extinct at
350 the end of this zone. There is also *Tonohamites aequicingulatus* (Koenen) (Fig. 7N),
351 which was reported from equivalent levels in southern England (Casey, 1961b).

352 The upper boundary of the *Dufrenoyia furcata* Zone, which coincides with the
353 base of the Middle Aptian, is defined by the first occurrence of the genus
354 *Epicheloniceras*. A conspicuous faunal turnover takes place at that level. Unlike the
355 observations reported by Casey et al. (1998), and Dutour (2005), the sections studied
356 did not show any overlap between the stratigraphic ranges of the genera *Dufrenoyia* and
357 *Epicheloniceras*, because *Dufrenoyia* disappeared before the first recorded
358 *Epicheloniceras*. The first specimens of this genus, such as *E. debile* Casey (E.a. VIII
359 A-B) and *E. martini* (d'Orbigny) (E.a. VIII D), occur together with *Colombiceras*
360 *crassicostatum* (d'Orbigny) (E.a. VIII G), which replaces *C. aff. spathi*, and
361 *Gargasicerias gargasense* (d'Orbigny). These two species, however, were reported from
362 the *Dufrenoyia furcata* Zone by Dutour (2005). Other forms appearing near the base of
363 the *Epicheloniceras martini* Zone comprise *Vergunnicerias pretiosum* (d'Orbigny) and
364 *Caseyella* sp (E.a. VIII H-M, O-P). The latter taxon, which is rather frequent in the
365 L'Alcoraia section, is a desmoceratid of Caribbean affinities originally identified as
366 *Uhligella jacobi* (Burckhardt), and reported from equivalent levels in southeastern
367 France by Dutour (2005). In contrast, the genus *Aconoceras* is markedly absent in our
368 sections, both in the *Dufrenoyia furcata* Zone and the *Epicheloniceras martini* Zone.

369

370 **CARBON ISOTOPE STRATIGRAPHY. CALIBRATION AGAINST THE**
371 **AMMONITE ZONATION**

372

373 A total of 95 bulk rock samples were analyzed for stable carbon isotope ratios
374 from the Racó Ample and L'Alcoraia sections. The samples were treated with H₃PO₄
375 (90%) at 70°C and the liberated CO₂ was analyzed with a Thermo Finnigan MAT-252
376 stable isotope ratio mass spectrometer at the laboratory of the Unitat de Medi Ambient
377 (Serveis Científics de la Universitat de Barcelona). The isotope results are expressed en
378 ‰ versus the VPDB standard, with a precision of ±0.02 for the samples of the Racó
379 Ample section, and ±0.01 for the samples of the L'Alcoraia section. We also used the
380 data previously published by de Gea et al. (2003) for the Cau section.

381 The carbon isotope curves of the three sections can be easily correlated as they
382 show the trends globally observed, which implies that measured values are primary and,
383 therefore, suitable for δ¹³C stratigraphy. Moreover, the chemostratigraphic segments
384 defined by Menegatti et al. (1998), and subsequently widely applied (Bralower et al.,
385 1999; Erba et al., 1999; Bellanca et al., 2002; de Gea et al., 2003; Heimhofer et al.,
386 2004; Herrle et al., 2004; Ando et al., 2008; Heldt et al., 2008; Li et al., 2008; Michalík
387 et al., 2008; García-Mondéjar et al., 2009; Millán et al., 2009; Moreno-Bedmar et al.,
388 2009), can also be easily identified. This enables a direct, high-resolution calibration of
389 the chemostratigraphic record with the proposed ammonite zonation. The results
390 obtained can be seen in Fig. 9. The isotopic curves of the Roter Sattel reference section
391 (Menegatti et al., 1998) and the Cassis-La Bédoule stratotype (Moullade et al., 1998,
392 2000; Kuhnt et al., 2000; Renard et al., 2005) are also plotted in the figure for
393 comparison. The ammonite biostratigraphic zonation shown has been reinterpreted
394 following the considerations of Moreno-Bedmar et al. (2009).

395 In the lowermost Aptian (*Deshayesites oglanlensis* Zone and lower part of the
396 *Deshayesites forbesi* Zone), the $\delta^{13}\text{C}$ curves show no significant trend, and values
397 oscillate between 1.9‰ and 2.8‰ in both L'Alcoraia and Cau sections. This rather
398 stable phase corresponds to segment C2 of Menegatti et al. (1998) and Erba et al.
399 (1999), and can also be easily recognized in the Cassis-La Bédoule section (beds 70-
400 129), and in the Angles section (interval A2 of Wissler et al., 2002).

401 A strong negative shift in $\delta^{13}\text{C}$ values coincides with the transition to a
402 predominantly marly interval in the Cau section (bed 7). The carbon isotope values fall
403 by about 2‰, reaching minima of 0.4-0.6‰, which persist during the middle part of the
404 *Deshayesites forbesi* Zone. This interval distinctly correlates with the long negative
405 excursion of $\delta^{13}\text{C}$, between beds 129 and 146, in the Cassis-La Bédoule section
406 (Moullade et al., 1998, 2000; Kuhnt et al., 2000; Renard et al., 2005). In both cases, the
407 extension of the excursion and its structure, with a two-minima pattern, are very similar.
408 This interval would correspond to the segment C3 of Menegatti et al. (1998) and Erba et
409 al. (1999). The strongly reduced thickness of this negative excursion in the Roter Sattel
410 and Cismon sections (and many others elsewhere) could be explained by the existence
411 of hiatus or strong condensation in sedimentation at this stratigraphic level (Renard et
412 al., 2005).

413 Following the negative excursion, the curve shows a markedly positive trend
414 leading the $\delta^{13}\text{C}$ values to ~3.5‰, both in the Cau section (beds 16-25) and at the base
415 of the Racó Ample section (beds 1-14). This interval is structured in three short steps
416 that can be paralleled with segments C4, C5 and C6 of Menegatti et al. (1998): an initial
417 abrupt positive shift, followed by a middle stable phase at ~2.5-3‰, and a final sloping
418 increase up to ~3.5‰. A very similar pattern occurs in the Cassis-La Bédoule section
419 (beds 146-158). The age of this positive excursion can be established with accuracy

420 because the genus *Megatyloceras* is present at the base of this interval in the Racó
421 Ample section, and throughout it in the Cassis-La Bédoule area (Ropolo et al., 2000,
422 2008) as well as in the eastern Iberian Chain (Moreno-Bedmar et al., 2008, 2009).
423 According to Casey et al. (1998), this genus is restricted to the uppermost part of the
424 *Deshayesites forbesi* Zone (= *Deshayesites annelidus* Subzone).

425 As usually interpreted, the organic-rich sediments related to OAE1a extend
426 throughout the interval corresponding to the negative excursion and subsequent abrupt
427 positive shift of the $\delta^{13}\text{C}$ curve, i.e. segments C3 to C6 (Erba, 1999; Bellanca et al.,
428 2002; Li et al., 2008). Therefore, we can constrain the age of this global event to the
429 middle/upper part of the *Deshayesites forbesi* Zone, thus corroborating similar findings
430 by Moreno-Bedmar et al. (2008, 2009) in the eastern Iberian Chain.

431 The carbon isotope curves reach their highest values ($\sim 3.5\text{-}4\text{‰}$) in a plateau
432 interval analogous to segment C7 of Menegatti et al. (1899) that extends from the top
433 of the *Deshayesites forbesi* Zone to the upper part of the *Dufrenoyia furcata* Zone. This
434 relatively stable phase is interrupted in the Racó Ample and L'Alcoraia (E.a. IX)
435 sections by a sharp negative peak (by $\sim 1\text{‰}$) near the base of the *D. furcata* Zone. A
436 comparable negative shift has been recorded at the top of the Cassis-La Bédoule section
437 (beds 173-176), in an equivalent stratigraphic position (E.a. IX). In addition, Herrle et
438 al. (2004) documented a short negative excursion of $\delta^{13}\text{C}$ coinciding with the Niveau
439 Blanc in the Vocontian Basin (E.a. IX). The age of this bed has long remained uncertain
440 (Dauphin, 2002), but recent records permit to attribute it to the lower part of the
441 *Dufrenoyia furcata* Zone (Dutour, 2005; own unpublished data). The lack of this
442 negative peak in the Cau section curve could be explained by the scarcity of sampling in
443 this section.

444 Finally, from the upper part of the *Dufrenoyia furcata* Zone, the carbon isotope

445 values show a progressive decrease that continues in the *Epicheloniceras martini* Zone.

446 This negative trend corresponds to segment C8 of Menegatti et al. (1998).

447

448 **CONCLUSIONS**

449 Lower Aptian hemipelagic sediments of the Almadich Formation (eastern
450 Prebetic Domain (southeastern Spain) include an abundant and diverse ammonite fauna,
451 particularly rich in deshayesitids, the key group used for biostratigraphic zonation of
452 this interval. Analysis of the ammonite stratigraphic distribution in several
453 systematically sampled sections show that the zonal scheme proposed by Moreno-
454 Bedmar et al. (in press) for the Lower Aptian of the Maestrat basin is also applicable to
455 other Mediterranean basins, such as the Prebetic domain. This scheme, which slightly
456 modifies and refines the current standard zonation (Reboulet et al., 2009), comprises the
457 following units in ascending order: *Deshayesites oglanlensis* Zone, *Deshayesites forbesi*
458 Zone (with *Roloboceras hambrowi* Horizon in its middle/upper part), *Deshayesites*
459 *deshayesi*, and *Dufrenoyia furcata* Zones (subdivided into a lower *D. furcata* Subzone
460 and an upper *D. dufrenoyi* Subzone). This work provides further precision in the
461 identification and dating of other biostratigraphically significant events, mainly based
462 on desmoceratids, which can also be used to further characterize some of these units.

463 The ammonite data have been correlated with high resolution carbon isotope
464 records from the same sections. The geochemical records reproduce the global trends
465 observed for the Early Aptian interval, which is characterized by two positive shifts
466 separated by a marked negative excursion. The lower positive shift correlates with the
467 *Deshayesites oglanlensis* Zone and the lower part of the *Deshayesites forbesi* Zone. The
468 negative excursion and the subsequent abrupt positive shift, which generally coincide
469 with the occurrence of organic rich sediments related to the OAE 1a, correspond to the

470 middle and upper part of the *Deshayesites forbesi* Zone, respectively. These results thus
471 confirm previous findings (Moreno-Bedmar et al., 2008, 2009) in the eastern Iberian
472 Chain. The upper positive interval extends throughout the *Deshayesites deshayesi* Zone
473 and most of the *Dufrenoyia furcata* Zone, including a short negative spike near the base
474 of the latter zone.

475 The integration of ammonite and carbon isotope stratigraphic data provides a high
476 resolution temporal framework for accurately placing the major palaeoenvironmental
477 and palaeobiologic events that took place during the Early Aptian.

478

479 ACKNOWLEDGEMENTS

480 We are indebted to the “Departament d’Universitats, Recerca i Societat de la Informació
481 de la Generalitat de Catalunya i del Fons social Europeu”. This study was funded by
482 Projects CGL2005-07445-CO3-01/BTE Bi, CGL2008-04916, CGL2005-02500 and
483 CGL2008-00533 (Spanish Ministry of Education and Science), the Consolider-Ingenio
484 2010 programme, under CSD2006-0004 "Topo-Iberia", the Grup Consolidat de Recerca
485 “Geologia Sedimentària” (2005SGR-00890), the Research Group RNM-178 (Junta de
486 Andalucía), and 1074/1-2 of the Deutsche Forschungsgemeinschaft. We thanks Ricardo
487 Barragán his comments about the Mexican species of *Colombiceras* and *Caseyella* and
488 their ranges.

489

490 REFERENCES

491 Aguado, R., Company, M., Sandoval J., Tavera, J.M., 1997. Biostratigraphic events at
492 the Barremian/Aptian boundary in the Betic Cordillera, Southern Spain.
493 Cretaceous Research, 18, 309-329.

- 494 Aguado, R., Castro, J.M., Company, M., Gea, G.A. de, 1999. Aptian bioevents: an
495 integrated biostratigraphic analysis of the Almadich Formation, Inner Prebetic
496 Domain, SE Spain. *Cretaceous Research*, 20, 663-683.
- 497 Ando, A., Kaiho, K., Kawahata, H., Kakegawa, T., 2008. Timing and magnitude of early
498 Aptian extreme warming: Unraveling primary $\delta^{18}\text{O}$ variation in indurated pelagic
499 carbonates at Deep Sea Drilling Project Site 463, central Pacific Ocean.
500 *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 260, 463-476.
- 501 Atrops, F., Dutour, Y., 2002. Nouvelles données biostratigraphiques sur l'Aptien moyen
502 et supérieur du sud-est de la France, à La Lumière de la succession des ammonites
503 du domaine vocontien. Abstracts, Strati 2002, third French Congress on
504 Stratigraphy. Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon, 156, 23-24.
- 505 Azéma, J., 1975. Le Crétacé dans la partie orientale des zones externes des Cordillères
506 Bétiques. II. Le Prébetique et le Subbétique de Cieza à Alicante. I Coloquio de
507 Estratigrafía y Paleogeografía del Cretácico de España, Bellaterra-Tremp, 1973, pp.
508 219-231.
- 509 Azéma, J., 1977. Étude géologique des zones externes des Cordillères Bétiques aux
510 confins des provinces d'Alicante et de Murcie (Espagne). Unpublished Ph. D.
511 thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 393 pp.
- 512 Baraboshkin, E. J., Mikhailova, A., 2002. New Stratigraphic Scheme of the Lower
513 Aptian in the Volga River Middle Courses. *Stratigraphy and Geological*
514 *Correlation*, 10(6), 603-626.
- 515 Barragán, R., 2001. Sedimentological and paleocological aspects of the Aptian
516 transgressive event of Sierra del Rosario, Durango, northeast Mexico. *Journal of*
517 *South American Earth Sciences*, 14, 189-202.

- 518 Barragán-Manzo, R., Méndez-Franco, A.L., 2005. Towards a standard ammonite
519 zonation for the Aptian (Lower Cretaceous) of the northern Mexico. *Revista*
520 *Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22(1), 39-47.
- 521 Barragán, R., Maussasse, F.J-M.R., 2008. Lower Aptian (Lower Cretaceous) ammonites
522 from the basal strata of the La Peña Formation of Nuevo León State, northeast
523 Mexico: biochronostratigraphic implications. *Revista Mexicana de Ciencias*
524 *Geológicas*, 25(1), 145-157.
- 525 Bellanca, A., Erba, E., Neri, R., Premoli Silva, I., Sprovieri, M., Tremolada, F., Verga, D.,
526 2002. Palaeoceanographic significance of the Tethyan ‘Livello Selli’ (Early Aptian)
527 from the Hybla Formation, northwestern Sicily: biostratigraphy and high-resolution
528 chemostratigraphic records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*,
529 185, 175-196.
- 530 Bogdanova, T.N., 1979. Ammonites of the family Deshayesitidae from Turkmenia. In
531 proceedings of the 19th session of the All-Union Paleontological Society, 152-169.
532 [In Russian]
- 533 Bogdanova, T.N., 1983. The Deshayesites tuarkyricus Zone-the lowermost Zone of the
534 Aptian of Turkmenistan. *Annual of the All-Union Paleontological Society* 26, 126-
535 147. [In Russian]
- 536 Bogdanova, T.N., Mikhailova, I.A., 2004. Origin, evolution and stratigraphic
537 significance of the superfamily Deshayesitaceae Stoyanow, 1949. *Bulletin de*
538 *l’Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 74, 189-243.
- 539 Bogdanova, T.N., Tovbina, S.Z., 1994. On development of the Aptian Ammonite zonal
540 standard for the Mediterranean region. *Géologie Alpine, Mémoire Hors Serie*, 20,
541 51-59.

- 542 Bralower, T.J., Cobabe, E., Clement, B., Sliter, W.V., Osburn, C.L., Longoria, J., 1999.
543 The record of global change in mid-Cretaceous (Barremian–Albian) sections from
544 the Sierra Madre, northeastern Mexico. *Journal of Foraminiferal Research*, 29, 418–
545 437.
- 546 Busnardo, R., Champetier, Y., Fourcade, E., Moullade, M., 1968. Étude stratigraphique
547 des faciès à orbitolinidés et à rudistes de la Sierra Mariola (province d’Alicante,
548 Espagne). *Geobios*, 1, 165-185.
- 549 Casey, R., 1961a. The stratigraphical palaeontology of the Lower Greensand.
550 *Palaeontology*, 3, 487-621.
- 551 Casey, R. 1961b. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand. Part II.
552 *Palaeontographical Society* (1961), 45-118.
- 553 Casey, R., 1962. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part IV.
554 *Palaeontographical Society* (1962), 217-288.
- 555 Casey, R., 1964. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part V.
556 *Palaeontographical Society* (1963), 289-398.
- 557 Casey, R., Bayliss, H.M., Simpson, M.I., 1998. Observations on the lithostratigraphy
558 and ammonite succession of the Aptian (Lower Cretaceous) Lower Greensand of
559 Chale Bay, Isle of Wight, UK. *Cretaceous Research*, 19, 511-535.
- 560 Castro, J.M., 1998. Las plataformas del Valanginiense superior-Albiense superior en el
561 Prebético de Alicante. PhD thesis, Universidad de Granada, Granada, 464 pp.
- 562 Castro, J.M., Gea, G.A. de, Ruiz-Ortiz, P.A., Nieto, L.M., 2008. Development of
563 carbonate platforms on an extensional (rifted) margin: the Valanginian-Albian
564 record of the Prebetic of Alicante (SE Spain). *Cretaceous Research*, 29, 848-860.
- 565 Company, M., Sandoval, J., Tavera, J.M., 2004. El Barremiense de Fontcalent y
566 L’Alcoraia. *Geo-Temas*, 7, 217-221.

- 567 Conte, G., 1994-1995. Une description de *Hamiticeras carcitanense* (Matheron)
568 (Céphalopodes, Ammonites). Bulletin de la Société des Sciences Naturelles du
569 Vaucluse, 13-21.
- 570 Darder, B., 1945. Estudio geológico del sur de la provincia de Valencia y norte de la de
571 Alicante. Boletín del Instituto Geológico y Minero de España, 57, 59-837.
- 572 Dauphin, L. 2002. Litho-, bio-, et chronostratigraphie comparées dans le Bassin
573 Vocontien à l'Aptien. Thèse 3^{ème} cycle, Université de Lille. 451 pp.
- 574 Delanoy, G., 1991. Sur la présence du genre *Prodeshayesites* Casey, 1961
575 (Ammonoidea) dans l'Aptien inférieur du Bassin Vocontien. Cretaceous Research,
576 12, 437-441.
- 577 Delanoy, G., 1995. About some significant ammonites from the Lower Aptian
578 (Bedoulian) of the Angles-Barrême area (South-East France). *Memorie Descrittive*
579 *della Carta Geologica d'Italia*, 51, 65-101.
- 580 Delanoy, G., 1997. Biostratigraphie des faunes d'Ammonites à la limite Barrémien-
581 Aptien dans la région d'Angles-Barrême-Castellane. *Annales du Museum*
582 *d'Historie Naturelle de Nice*, 12, 1-270.
- 583 Demay, L., Thomel, G., 1986. Tentative d'élaboration d'une chronologie hémérale de
584 l'Aptien moyen (Système Crétacé) fondée sur les Ammonites. *Comptes-rendus de*
585 *l'Académie des Sciences. Paris*, 302(Série II, n°1), 29-34.
- 586 Dutour, Y., 2005. Biostratigraphie, évolution et renouvellements des ammonites de
587 l'Aptien supérieur (Gargasien) du bassin vocontien (Sud-Est de la France).
588 Doctoral thesis. Thèse Université Claude Bernard Lyon 1. 278 pp.
- 589 Erba, E., Channell, J.E.T., Claps, M., Jones, C., Larson, R., Opdyke, B., Premoli Silva,
590 I., Riva, A., Salvini, G., Torricelli, S., 1999. Integrated stratigraphy of the Cismon

- 591 APTICORE (Southern Alps, Italy): a “reference section” for the Barremian-Aptian
592 interval at low latitudes. *Journal of Foraminiferal Research*, 29, 371-391.
- 593 Estévez, A., García Hernández, M., Pina, J.A., Auernheimer, C., 1984. Nuevas
594 precisiones estratigráficas sobre el Cretácico inferior del Cabeçó d’Or (provincia de
595 Alicante, Zona Prebética). I Congreso Español de Geología, Segovia, 1984, vol. 3,
596 pp. 189-197.
- 597 Fallot, P., 1943. L’Urgonien de la Sierra Mariola (province d’Alicante). *Comptes*
598 *Rendus Hebdomadaires des Séances de l’Académie des Sciences*, 216, 71-72.
- 599 Föllmi, K.B., Godet, A., Bodin, S., Linder, P., 2006. Interactions between
600 environmental change and shallow water carbonate buildup along the northern
601 Tethyan margin and their impact on the Early Cretaceous carbon isotope record.
602 *Paleoceanography*, 21, PA4211, doi:10.1029/2006PA001313.
- 603 Föllmi, K.B., Gainon, F. 2008. Demise of the northern Tethyan Urgonian carbonate
604 platform and subsequent transition towards pelagic conditions: The sedimentary
605 record of the Col de la Plaine Morte area, central Switzerland. *Sedimentary*
606 *Geology*, 205, 142-159.
- 607 García-Mondéjar, J., Owen, H.G., Raisossadat, N., Millán, M.I., Fernández-Mendiola,
608 P.A., 2009. The early Aptian of Aralar (northern Spain): stratigraphy,
609 sedimentology, ammonite biozonation, and OAE1. *Cretaceous Research*, 30, 434-
610 464.
- 611 Gea, G.A. de, Castro, J.M., Aguado, R., Ruiz-Ortiz, P.A., Company, M., 2003. Lower
612 Aptian carbon isotope stratigraphy from a distal carbonate shelf setting: the Cau
613 section, Prebetic zone, SE Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology,*
614 *Palaeoecology*, 200, 207-219.

- 615 Gea, G.A. de, 2004. Bioestratigrafía y eventos del Cretácico inferior en las Zonas
616 Externas de las Cordillera Bética. Universidad de Jaén, Jaén, 658 pp.
- 617 Granier, B., 1987. Le Crétacé inférieur de la Costa Blanca entre Busot et Altea
618 (Alicante, Espagne): Biostratigraphie, sédimentologie, évolution tectono-
619 sédimentaire. PhD thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris, Mémoires des
620 Sciences de la Terre, 87-49, 281pp + 108 pp.
- 621 Heimhofer, U., 2004. Response of terrestrial palaeoenvironments to past changes in
622 climate and carbon-cycling: Insights from palynology and stable isotope
623 geochemistry. Ph.D. Thesis, ETH Zürich, Zürich, 166 pp.
- 624 Heldt, M., Bachmann, M., Lehmann, J., 2008. Microfacies, biostratigraphy, and
625 geochemistry of the hemipelagic Barremian-Aptian in north-central Tunisia:
626 Influence of the OAE 1a on the southern Tethys margin. *Palaeogeography,*
627 *Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 261, 246-260
- 628 Herrle, J.O., Kössler, P., Friedrich, O., Erlenkeuser, H., Hemleben, C., 2004. High-
629 resolution carbon isotope records of the Aptian to Lower Albian from SE France
630 and the Mazagan Plateau (DSDP Site 545): a stratigraphic tool for
631 paleoceanographic and paleobiologic reconstruction. *Earth and Planetary Science*
632 *Letters*, 218 (1,2), 149-161.
- 633 Hoedemaeker, P.J., Bulot, L., 1990. Preliminary ammonite zonation of the Lower
634 Cretaceous of the Mediterranean region. *Géologie Alpine*, 66, 123-127.
- 635 Hoedemaeker, P.J., Company, M., (reporters) Aguirre-Urreta, M.B., Avram, E.,
636 Bogdanova, T.N., Bujtor, L., Bulot, L., Cecca, F., Delanoy, G., Ettachfini, M.,
637 Memmi, L., Owen, H.G., Rawson, P.F., Sandoval, J., Tavera, J.M., Thieuloy, J.P.,
638 Tovbina, S.Z., Vašíček, Z., 1993. Ammonite zonation for the Lower Cretaceous of

- 639 the Mediterranean region; basis for the stratigraphic correlations within IGCP-
640 Project 262. *Revista Española de Paleontología*, 8(1), 117-120.
- 641 Hoedemaeker, P.J., Cecca, F., (reporters), Avram, E., Company, M., Delanoy, G., Erba,
642 E., Ettachfini, M., Faraoni, P., Kakabadze, M., Landra, G., Marini, A., Memmi, L.,
643 Pallini, G., Rawson, P.F., Ropolo, P., Sandoval, J., Tavera, J.M., Vašíček, Z., 1995.
644 Report on the 3rd International Workshop on the Standard Lower Cretaceous
645 Ammonite Zonation of the Mediterranean Region. *Memorie Descrittive della Carta*
646 *Geologica d'Italia*, 51, 213-215.
- 647 Hoedemaeker, P.J., Rawson, P.F., 2000. Report on the 5th International Workshop of
648 the Lower Cretaceous Cephalopod Team (Vienna, 5 September 2000). *Cretaceous*
649 *Research*, 21(6), 857-860.
- 650 Hoedemaeker, P.J., Reboulet, S., (reporters) Aguirre-Urreta, M.B., Alsen, P., Aoutem,
651 M., Atrops, F., Barragán, R., Company, M., González, C., Klein, J., Lukeneder, A.,
652 Ploch, I., Raisossadat, N., Rawson, P.F., Ropolo, P., Vašíček, Z., Vermeulen, J.,
653 Wippich, M.G.E., 2003. Report on the 1st International Workshop of the IUGS
654 Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Lyon, 11 July
655 2002). *Cretaceous Research*, 24(1), 89-94.
- 656 Jacob, C., 1907. *Études paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des*
657 *terrains crétacés dans les Alpes françaises et les régions voisines. Travaux du*
658 *Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble*, 8,
659 1-314.
- 660 Jiménez de Cisneros, D., 1906. Excursión al Infracretáceo de Sierra Mediana y de la
661 Alcoraya. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 6, 317-328.
- 662 Jiménez de Cisneros, D., 1917. *Geología y paleontología de Alicante. Trabajos del*
663 *Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica*, 21, 3-140.

- 664 Koenen, A.V. 1902. Die Ammonitiden des norddeutschen Neocom (Valanginien,
665 Hauterivien, Barremien und Aptien). Abhandlungen der Königlich Preussischen
666 Geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin (new series). 24, 1-449.
- 667 Kuhnt, W., Moullade, M., Masse, J.P., Erlenkeuser, H., 2000. Carbon isotope
668 stratigraphy of the lower Aptian historical stratotype at Cassis-La Bédoule (S.E.
669 France).- *Géologie Méditerranéenne*, Marseille, 25(3-4), 63-79.
- 670 Lehmann, J., Heldt, M., Bachmann, M., Hedi Negra, M.E., 2009. Aptian (Lower
671 Cretaceous) biostratigraphy and cephalopods from north central Tunisia.
672 *Cretaceous Research*, 30, 895-910.
- 673 Li, Y.-X., Bralower, T.J., Montañez, I.P., Osleger, D.A., Arthur, M.A., Bice, D.M.,
674 Herbert, T.D., Erba, E., Premoli Silva, I., 2008, Toward an orbital chronology for
675 the early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE1a, ~120 Ma). *Earth and Planetary
676 Science Letters*, 271, 88-100.
- 677 Lillo Beviá, J., 1973a. Contribución al conocimiento geológico de la Sierra del Cabezó
678 d'Or (Busot-Alicante). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural
679 (Geología)*, 71, 281-305.
- 680 Lillo Beviá, J., 1973b. Contribución al conocimiento geológico de las sierras de
681 Fontcalent y Mediana (Alicante). *Boletín de la Real Sociedad Española de
682 Historia Natural (Geología)*, 71, 307-339.
- 683 Lillo Beviá, J., 1975a. Sobre algunos Hoplítidos del Cretácico inferior del sur de
684 Alicante. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*,
685 73, 81-101.
- 686 Lillo Beviá, J., 1975b. Ammonites del sur de Alicante: 2. *Lytoceratina*. *Boletín de la
687 Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*, 73, 103-119.

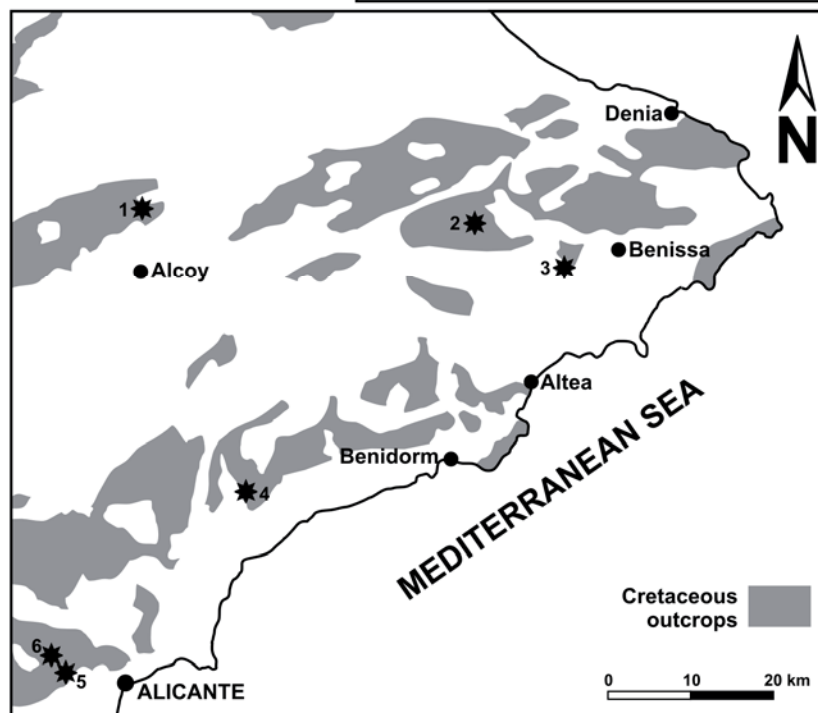
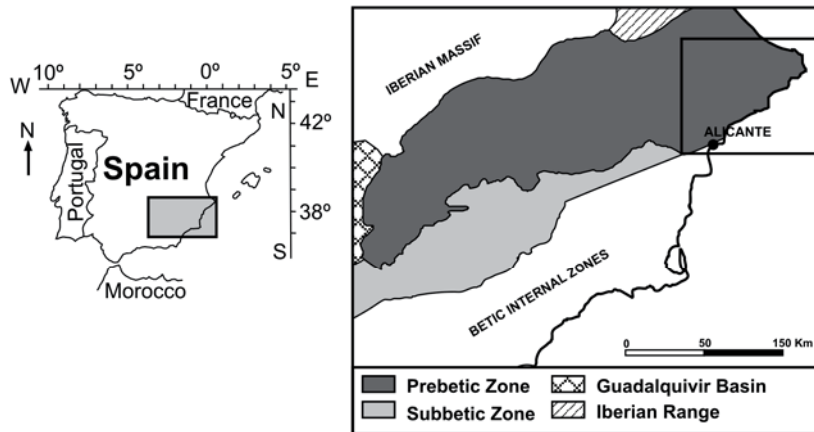
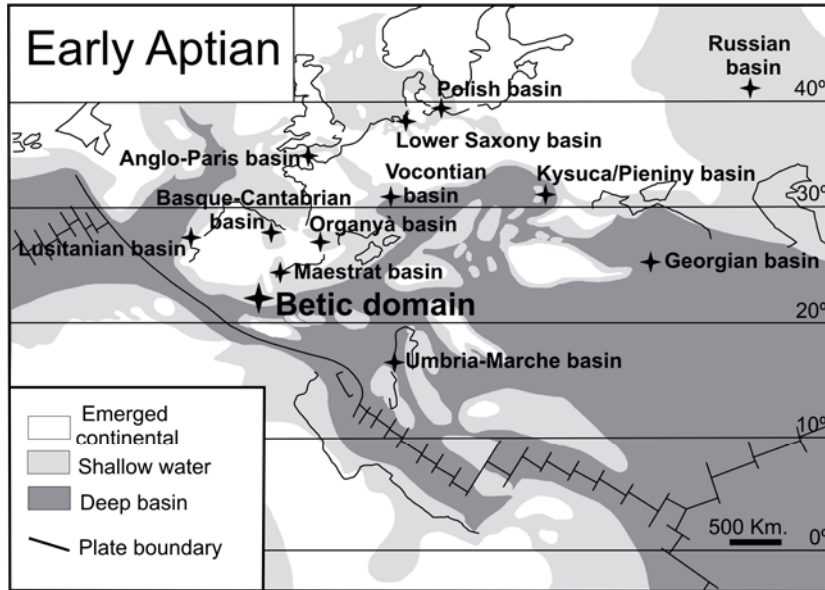
- 688 Lillo Beviá, J., 1975c. Sobre algunos Desmocerataceae (Ammonitina) del Cretácico
689 inferior del sur de Alicante. *Estudios Geológicos*, 31, 681-704.
- 690 Méhay, S., Keller, C.E., Bernasconi, S.M., Weissert, H., Erba, E., Bottini, C., Hochuli,
691 P.A. 2009. A volcanic CO₂ pulse triggered the Cretaceous Oceanic Anoxic Event
692 1a and a biocalcification crisis. *Geology*, 37(9), 819-822.
- 693 Menegatti, A.P., Weissert, H., Brown, R.S., Tyson, R.V., Farrimond, P., Strasser, A.,
694 Caron, M., 1998. High-resolution $\delta^{13}\text{C}$ stratigraphy through the early Aptian
695 “Livello Selli” of the Alpine Tethys. *Paleoceanography*, 13, 530-545.
- 696 Michalík, J., Soták, J., Lintnerová, O., Halásová, E., Bák, M., Skupien, P., Boorová, D.
697 2008. The stratigraphic and paleoenvironmental setting of Aptian OAE black
698 shale deposits in the Pieniny Klippen Belt, Slovak Western Carpathians.
699 *Cretaceous Research*, 29, 871-892.
- 700 Millán, M.I., Weissert, H.J., Fernández-Mendiola, P.A., García-Mondéjar, J., 2009.
701 Impact of Early Aptian carbon cycle perturbations on evolution of a marine shelf
702 system in the Basque-Cantabrian Basin (Aralar, N Spain). *Earth and Planetary
703 Science Letters*, 287, 392-401.
- 704 Moreno, J.A., 2007. Bioestratigrafía del Aptiense del macizo del Garraf (NE de la
705 Península Ibérica). *Geogaceta*, 41, 131-134.
- 706 Moreno-Bedmar, J.A., Bover-Arnal, T., Salas, R., Company, M., 2008. The early
707 Aptian oceanic anoxic event in the Maestrat Basin (NE Iberian Chain). *Geo-
708 Temas*, 10, 159-162.
- 709 Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G.,
710 Martínez, R., Grauges, A., 2009. Biostratigraphic characterization by means
711 ammonoids of the lower Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE 1a) in the Eastern
712 Iberian Chain (Maestrat basin, E Spain). *Cretaceous Research*, 30, 864-872.

- 713 Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G.,
714 Maurrasse, F., Martínez, R., Grauges, A. Lower Aptian ammonite biostratigraphy
715 in the Maestrat Basin (Eastern Iberian Chain, Spain). *Geologica Acta*, in press.
- 716 Moullade, M., Kuhnt, W., Bergen, J.A., Masse, J.P., Tronchetti, G., 1998. Correlation
717 of biostratigraphic and stable isotope events in the Aptian historical stratotype of
718 La Bédoule (Southeast France). *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*,
719 Paris, (II), 327, 693-698.
- 720 Moullade, M., Masse, J.P., Tronchetti, G., Kuhnt, W., Ropolo, P., Bergen, J.A., Masure,
721 E., Renard, M., 2000. Le stratotype historique de l'Aptien inférieur (région de
722 Cassis-La Bédoule, SE France): synthèse stratigraphique. *Géologie*
723 *Méditerranéenne* 25 (1998), 289-298.
- 724 Neumayr, M., Uhlig, V. 1881. Ueber Ammonitiden aus den Hilsbildungen Nord-
725 deutschlands. *Palaeontographica*. 27, 129-203 (1-75).
- 726 Nicklès, R., 1892. Recherches géologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de la
727 province d'Alicante et du Sud de la province de Valence. *Annales Hébert* 1
728 (1891), 1-220.
- 729 Price, G.D., Dashwood, B., Taylor, G.K., Kalin, R.M., Ogle, N. 2008. Carbon isotope
730 and magnetostratigraphy of the Cretaceous (Barremian-Aptian) Pabellón
731 Formation, Chañarcillo Basin, Chile. *Cretaceous Research*, 29, 183-191.
- 732 Raissosadat, S.N. 2002. Lower Cretaceous (Upper Barremian-Lower Albian) ammonite
733 faunas of the Kopet Dagh Basin, NE Iran. Unpublished PhD thesis, University
734 College London, 337 pp.
- 735 Rasplus, L., Fourcade, E., Ambroise, D., Andeol, B., Azéma, J., Blanc, P., Busnardo,
736 R., Clerc-Renaud, T., Damotte, R., Dercourt, J., Foucault, A., Galbrun, B.,
737 Granier, B., Lachkar, G., Le Hégarat, G., Magné, J., Manivit, H., Mangin, A.M.,

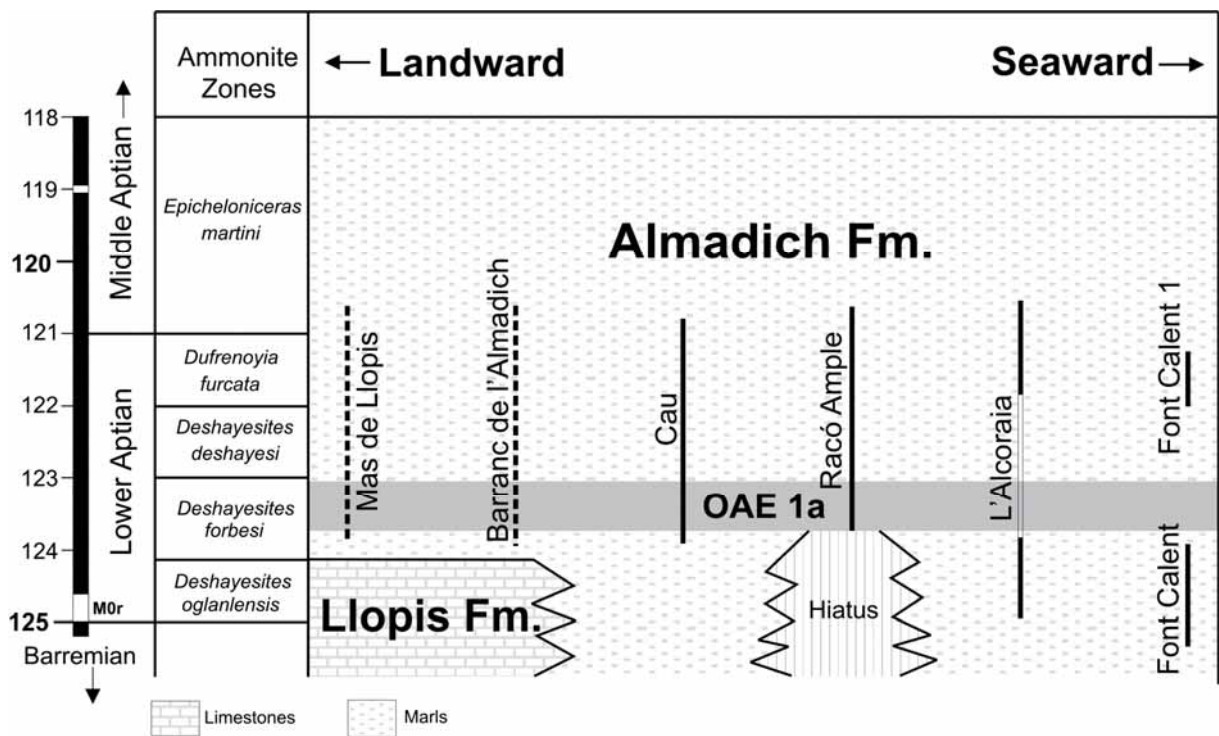
- 738 Masure, E., Mazaud, A., Michaud, F., Morand, F., Renard, M., Schuber, N.,
739 Tagourdeau, J., 1987. Stratigraphie intégrée du sillon citrabétique (Sierra de
740 Fontcalent, province d'Alicante, Espagne). *Geobios*, 20, 337-387.
- 741 Rawson, P.F., Hoedemaeker, P.J., (reporters), Aguirre-Urreta, M.B., Avram, E.,
742 Ettachfini, M., Kelly, S.R.A., Klein, J., Kotetishvili, E., Owen, H., Ropolo, P.,
743 Thomson, M.R.A., Wippich, M., Vašíček, Z., 1999. Report on the 4th
744 International Workshop of the Lower Cretaceous Cephalopod Team (IGCP-
745 Project 362). *Scripta Geologica, Special Issue*, 3, 3-13.
- 746 Reboulet, S., Hoedemaeker, P.J., (reporters), Aguirre-Urreta, M.B., Alsen, P., Atrops,
747 F., Baraboshkin, E.Y., Company, M., Delanoy, G., Dutour, Y., Klein, J., Latil,
748 J.L., Lukeneder, A., Mitta, V., Mourgues, F.A., Ploch, I., Raisossadat, N., Ropolo,
749 P., Sandoval, J., Tavera, J.M., Vašíček, Z., Vermeulen, J., 2006. Report on the
750 2nd International meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working
751 Group, the "Kilian Group" (Neuchâtel, Switzerland, 8 September 2005).
752 *Cretaceous Research*, 27, 712-715.
- 753 Reboulet, S., Klein, J., (reporters) Barragán, R., Company, M., González-Arreola, C.,
754 Lukeneder, A., Raisossadat, S.N., Sandoval, J., Szives, O., Tavera, J.M.,
755 Vašíček, Z., Vermeulen, J., 2009. Report on the 3rd International Meeting of the
756 IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Vienna,
757 Austria, 15th April, 2008). *Cretaceous Research*, 30, 496-502.
- 758 Renard, M., Rafélis, M. de, Emmanuel, L., Moullade, M., Masse, J.-P., Kuhnt, W.,
759 Bergen, J.A., Tronchetti, G., 2005. Early Aptian $\delta^{13}\text{C}$ and manganese anomalies
760 from the historical Cassis-La Bédoule stratotype sections (S.E. France):
761 relationship with a methane hydrate dissociation event and stratigraphic
762 implications. *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology Article 2005/04*, 1-18.

- 763 Ropolo, P., Conte, G., Gonnet, R., Masse, J.P., Moullade, M., 2000. Les faunes
764 d'Ammonites du Barrémien supérieur/Aptien inférieur (Bédoulien) dans la région
765 stratotypique de Cassis-La Bédoule (SE France): état des connaissances et
766 propositions pour une zonation par Ammonites du Bédoulien-type. *Géologie
767 Méditerranéenne*, 25(3/4), 167-175.
- 768 Ropolo P., Moullade M., Gonnet R., Conte G., Tronchetti G., 2006.- The
769 Deshayesitidae Stoyanov, 1949 (Ammonoidea) of the Aptian historical stratotype
770 region at Cassis-La Bédoule (SE France).- *Carnets de Géologie - Notebooks on
771 Geology, Brest, Memoir 2006/01 (CG2006_M01)*, 46 p.
- 772 Ropolo, P., Conte, G., Moullade, M., Tronchetti, G., Gonnet, R., 2008. The
773 Douvilleiceratidae (Ammonoidea) of the Lower Aptian historical stratotype area
774 at Cassis-La Bédoule (SE France) *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology,
775 Brest, Memoir 2008/03 (CG2008_M03)*.
- 776 Weissert, H., Lini, A., Föllmi, K.B., Kuhn, O., 1998. Correlation of Early Cretaceous
777 carbon isotope stratigraphy and platform drowning events: a possible link?
778 *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 137, 189-203.
- 779 Weissert, H., Erba, E., 2004. Volcanism, CO₂ and palaeoclimate: a Late Jurassic-Early
780 Cretaceous carbon and oxygen isotope record. *Journal of the Geological Society,
781 London*, 161, 1-8.
- 782 Wissler, L., Weissert, H., Masse, J.-P., Bulot, L., 2002. Chemostratigraphic correlation
783 of Barremian and lower Aptian ammonite zones and magnetic reversals.
784 *International Journal of Earth Sciences*, 91, 272-279.
- 785 Wissler, L., Funk, H., Weissert, H., 2003. Response of Early Cretaceous carbonate
786 platforms to changes in atmospheric carbon dioxide levels. *Palaeogeography,
787 Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 200, 187-205.

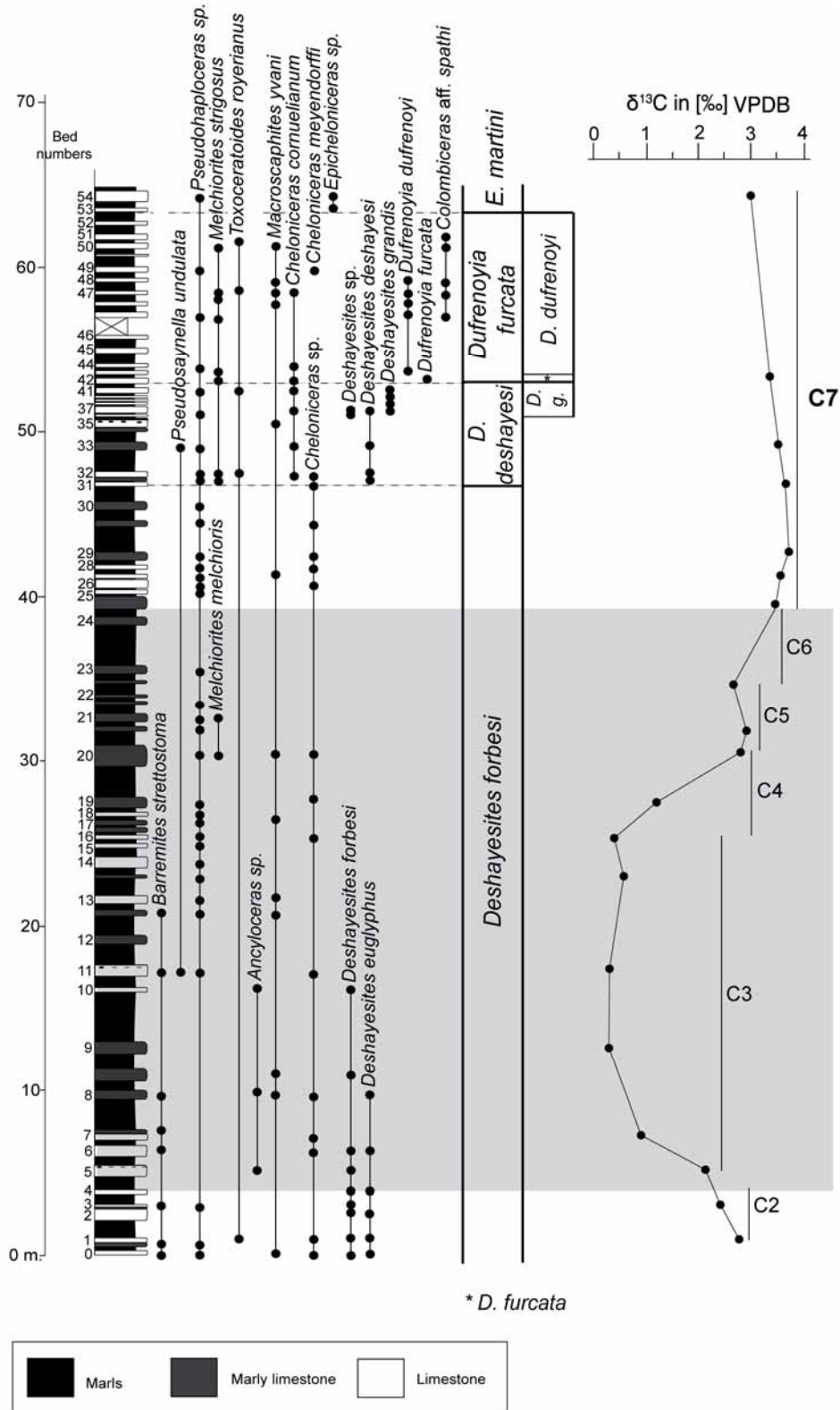
- 788 Wiedmann, J., 1966a. Stammesgeschichte und System der posttriadischen
789 Ammonoideen. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen,
790 125, 49-79.
- 791 Wiedmann, J., 1966b. Stammesgeschichte und System der posttriadischen
792 Ammonoideen. Ein Überblick (2. Teil). Neues Jahrbuch für Geologie und
793 Paläontologie Abhandlungen, 127, 13-81.



795 FIGURE 1: A: Palaeogeographic reconstruction of the Proto North Atlantic and
 796 Tethyan realm during the Early Aptian (Prebetic Domain modified after Masse et
 797 al., 2000). Simplified geologic map of the Prebetic domain and location of the five
 798 sections and outcrops studied: 1 Serra Mariola outcrop, 2: Cau section, 3:
 799 Almadich outcrop, 4: Aigues de Busot section, 5 Font Calent and Font Calent 1
 800 sections, 6 Alcoraya section.

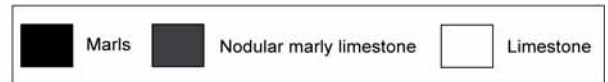
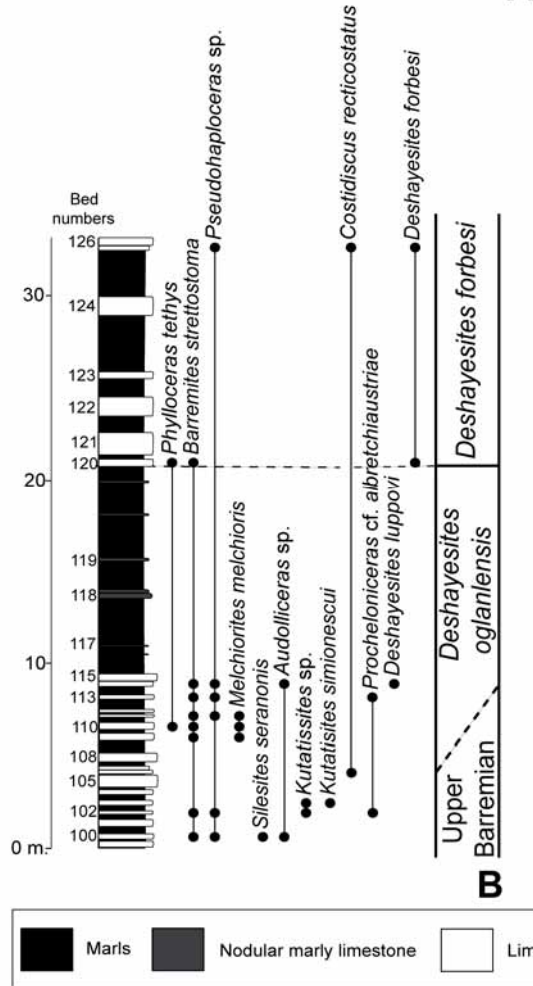
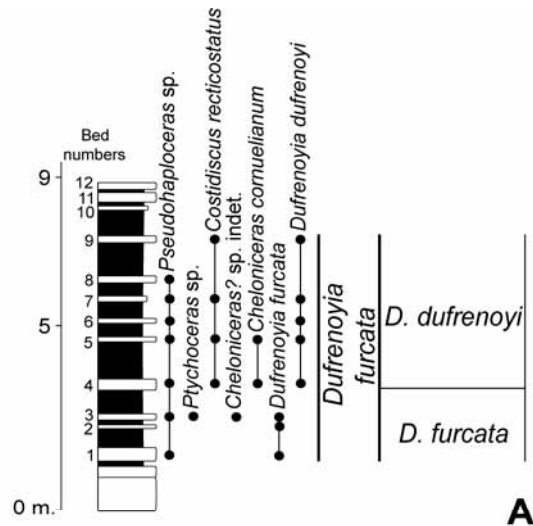


802 FIGURE 2: Stratigraphic framework and age relationships of the lower Aptian
 803 deposits in the Prebetic domain. Position of OAE 1a is indicated by shaded level.



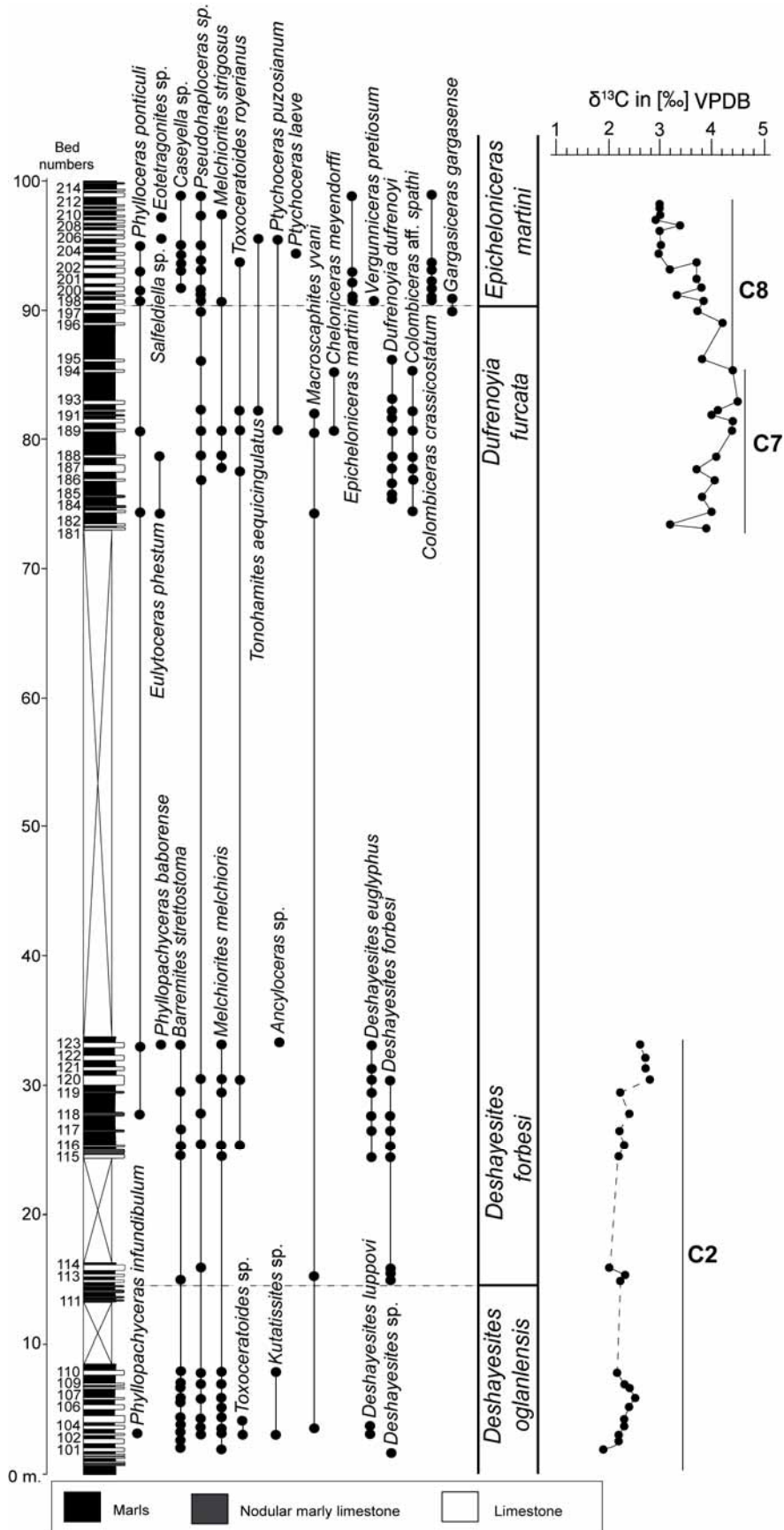
804

805 FIGURE 3: Cau section. Geochemical data are from Gea et al. (2003).



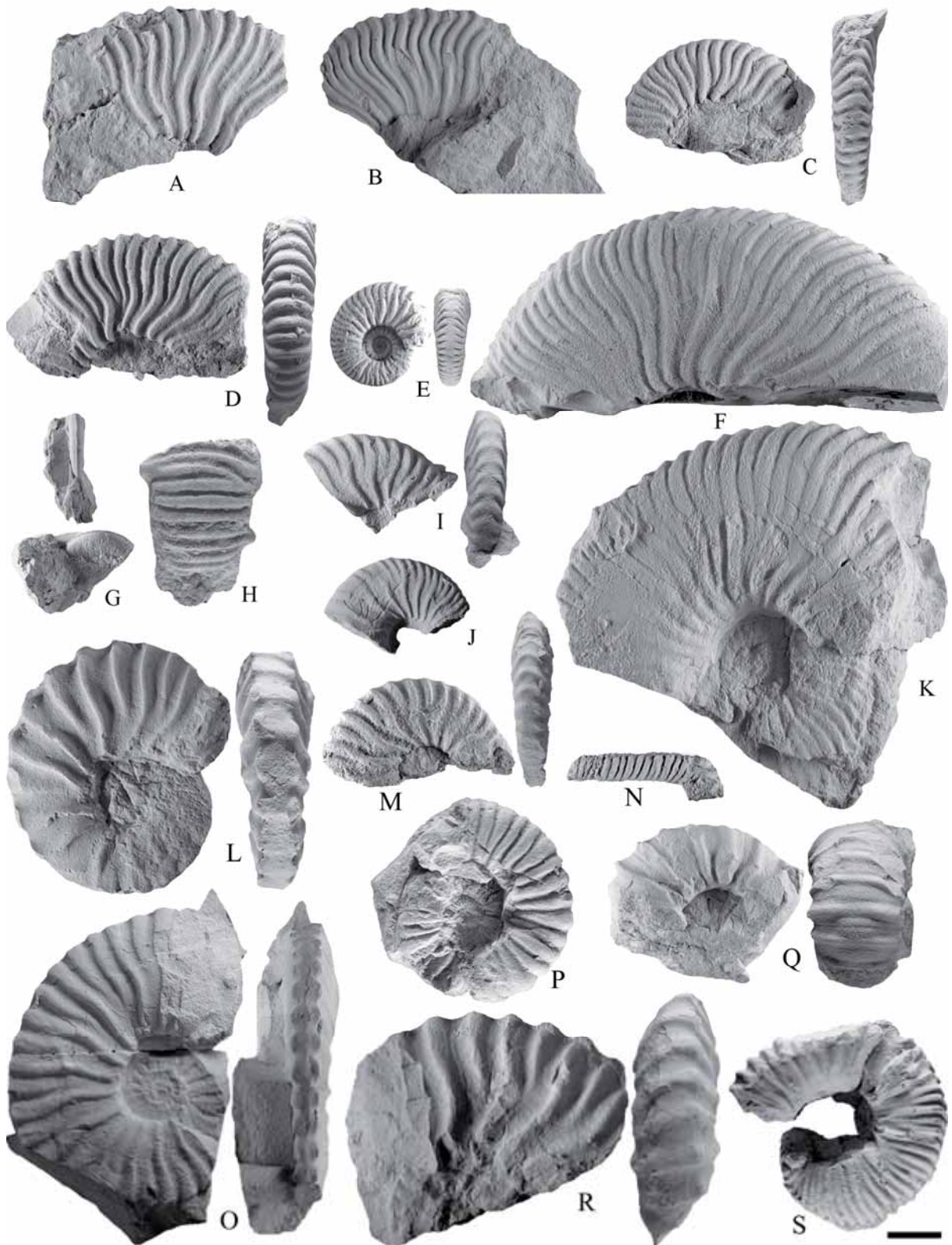
808

809 FIGURE 5: A: Font Calent section. B: Font Calent 1 section.



810

811 FIGURE 6: Alcoraya section.



812

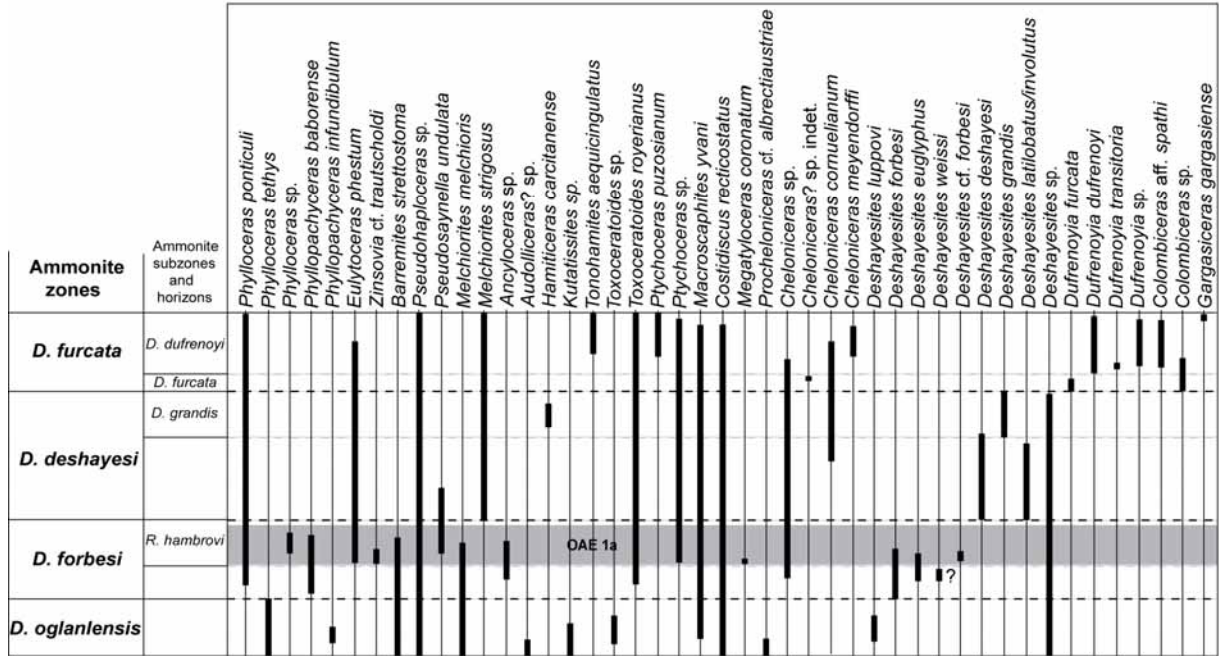
813 FIGURE 7. A : *Deshayesites luppovi* Bogdanova lateral view of specimen X Ac

814 104.6, Alcoraya section, *Deshayesites oglanlensis* Zone. B: *Deshayesites luppovi*

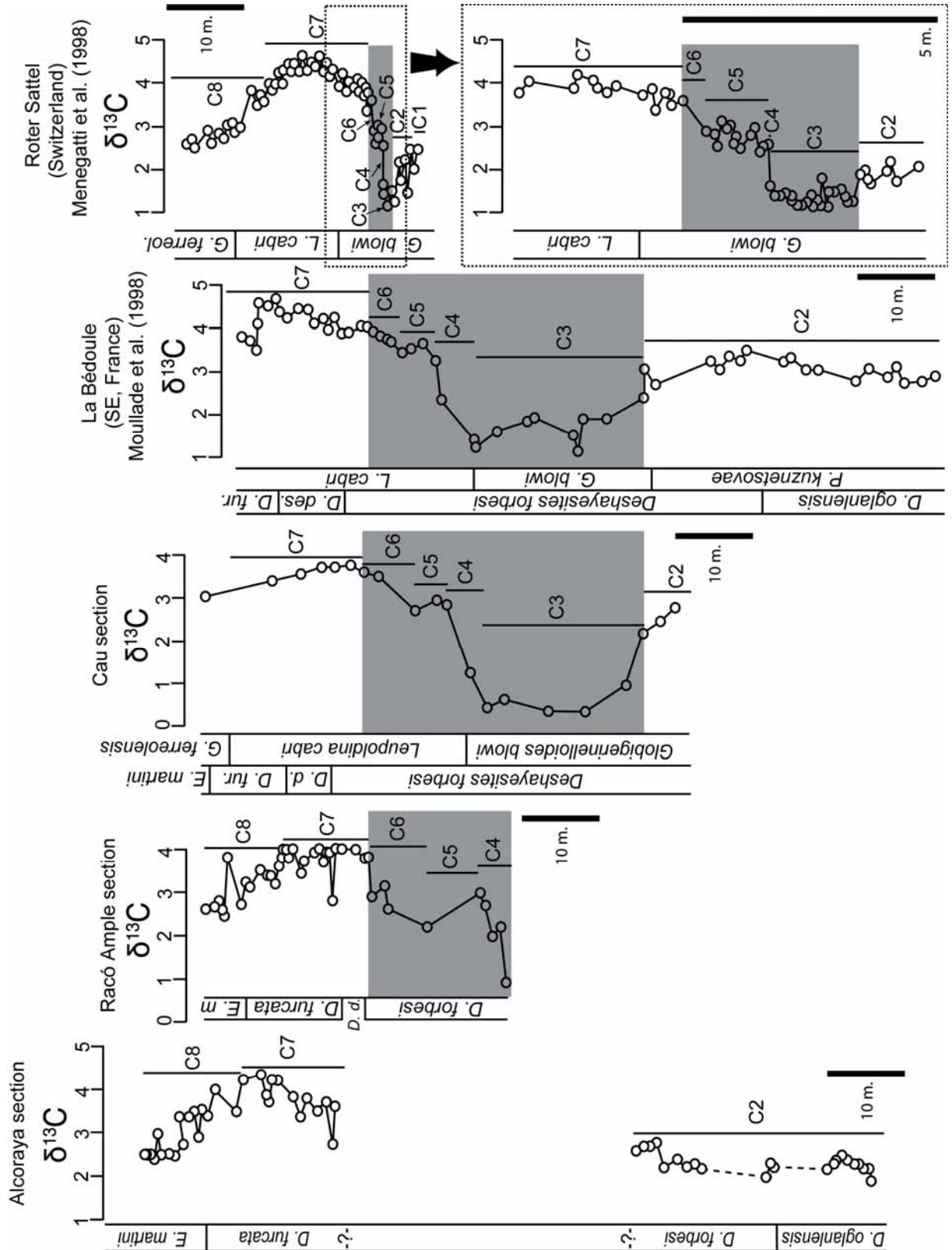
815 Bogdanova lateral view of specimen X Fc 114.16, Font Calent section, *Deshayesites*

816 *oglanlensis* Zone. C: *Deshayesites forbesi* Casey lateral and ventral view of
817 specimen X AB 3.19, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. D:
818 *Deshayesites forbesi* Casey lateral and ventral view of specimen X AB 4.56, Aigues
819 de Busot section, *Deshayesites forbesi* Zone. E: *Deshayesites* aff. *forbesi* Casey
820 lateral and ventral view of specimen X AB 5.31, Aigues de Busot section,
821 *Deshayesites forbesi* Zone. F: *Deshayesites weissi* (Neuman et Uhlig) lateral view of
822 specimen X Ac, rounded, Alcoraya section, *Deshayesites forbesi* Zone. G:
823 *Aconeceras?* sp. ventral and lateral view of specimen X AB 1.6, Aigues de Busot
824 section, *Deshayesites forbesi* Zone. H: *Megatyloceras coronatum* (Rouchadzé)
825 ventral view of specimen X AB 1.1, Aigues de Busot section, *Deshayesites forbesi*
826 Zone. I: *Deshayesites deshayesi* (d'Orbigny) lateral view of specimen X AB 16.2,
827 Aigues de Busot section, *Deshayesites deshayesi* Zone. J: *Deshayesites deshayesi*
828 (d'Orbigny) lateral view of specimen X AB 15.1, Aigues de Busot section,
829 *Deshayesites deshayesi* Zone. K: *Deshayesites grandis* Spath lateral view of
830 specimen X P3 37.2, Cau section, *Deshayesites deshayesi* Zone. L: *Dufrenoyia*
831 *dufrenoyi* lateral and ventral view of specimen X Fc1 5.8, Font Calent section,
832 *Dufrenoyia furcata* Zone. M: *Dufrenoyia furcata* lateral and ventral view of
833 specimen X Fc1 3.6, Font Calent section, *Dufrenoyia furcata* Zone. N: *Tonohamites*
834 *aequicingulatus* lateral view of specimen X Ac 192.7, Alcoraya section, *Dufrenoyia*
835 *furcata* Zone. O: *Dufrenoyia dufrenoyi* lateral view of specimen X Fc1 5.18, Font
836 Calent 1 section, *Dufrenoyia furcata* Zone. P: *Colombiceras* aff. *spathi* lateral view
837 of specimen X P3 50.1, Cau section, *Dufrenoyia furcata* Zone. Q: *Epicheloniceras?*
838 sp. lateral and ventral view of specimen X Fc1 3.12, Font Calent section,
839 *Dufrenoyia furcata* Zone. R: *Dufrenoyia furcata* lateral and ventral view of
840 specimen X P3 42.1, Cau section, *Dufrenoyia furcata* Zone. S: *Cheloniceras*

841 *meyendorffi* lateral view of specimen X Ac 189.30, Alcoraya section, *Dufrenoyia*
 842 *furcata* Zone. Scale bar = 1cm.



843
 844 FIGURE 8: Range of the forty-five species recognized in the Prebetic domain. Gray
 845 level indicates position of OAE 1a.
 846



847

848 FIGURE 9: Isotopic curves of the sections studied in the Prebetic domain at

849 Alcoraya, Racó Ample, and Cau. These curves are compared with the reference

850 **sections of the Cassis-La Bédoule, France (Moullade et al., 1998, 2000; Kuhnt et**
851 **al., 2000; Renard et al., 2005), and Roter Sattel, Switzerland (Menegatti et al.,**
852 **1998). The ammonite biostratigraphy of the Cassis-La Bédoule section has been**
853 **reinterpreted in agreement with arguments discussed by Moreno-Bedmar et al.**
854 **(2009). Gray level indicates position of OAE 1a.**

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

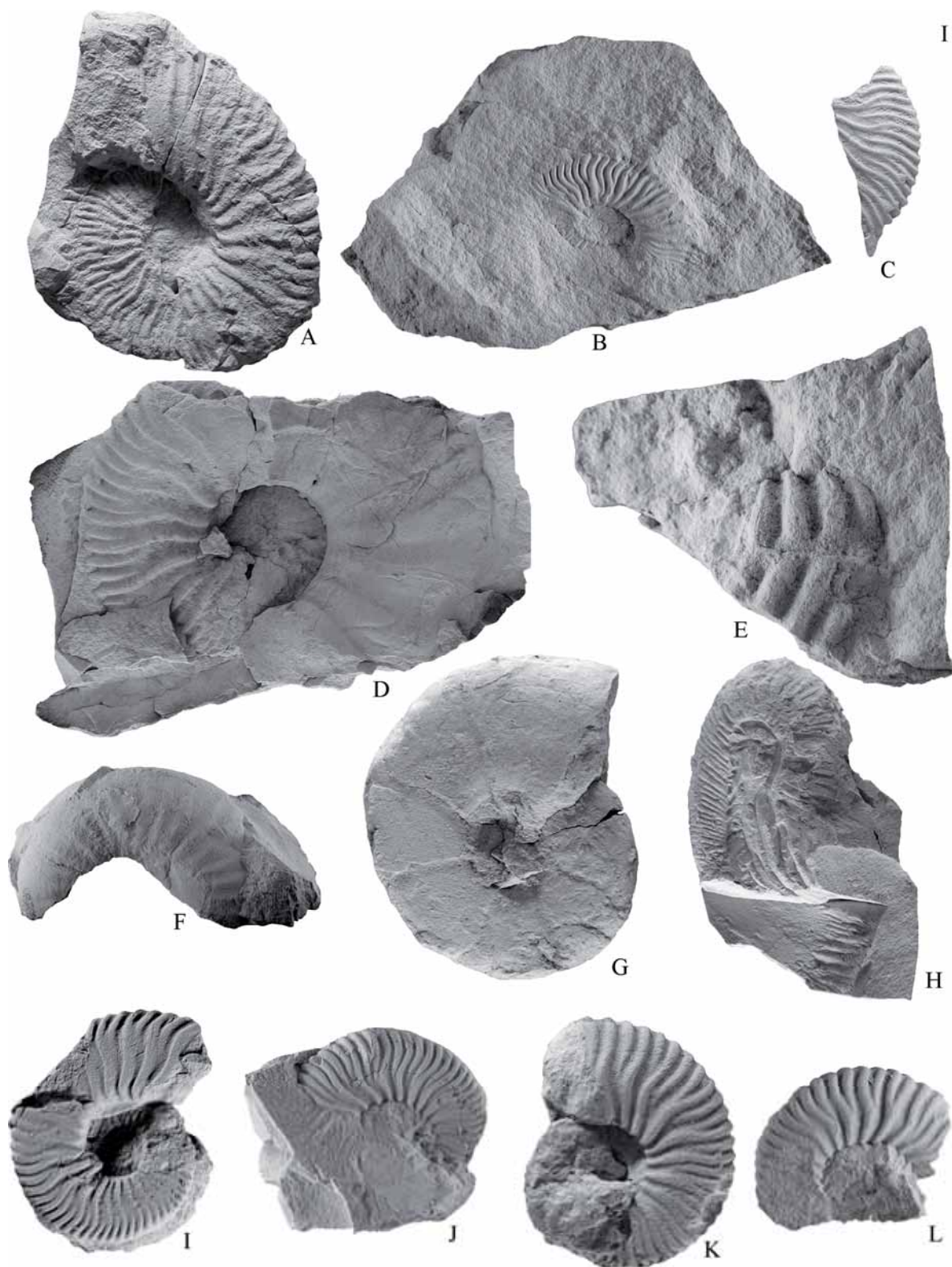
872

873

874

875

Electronic annex

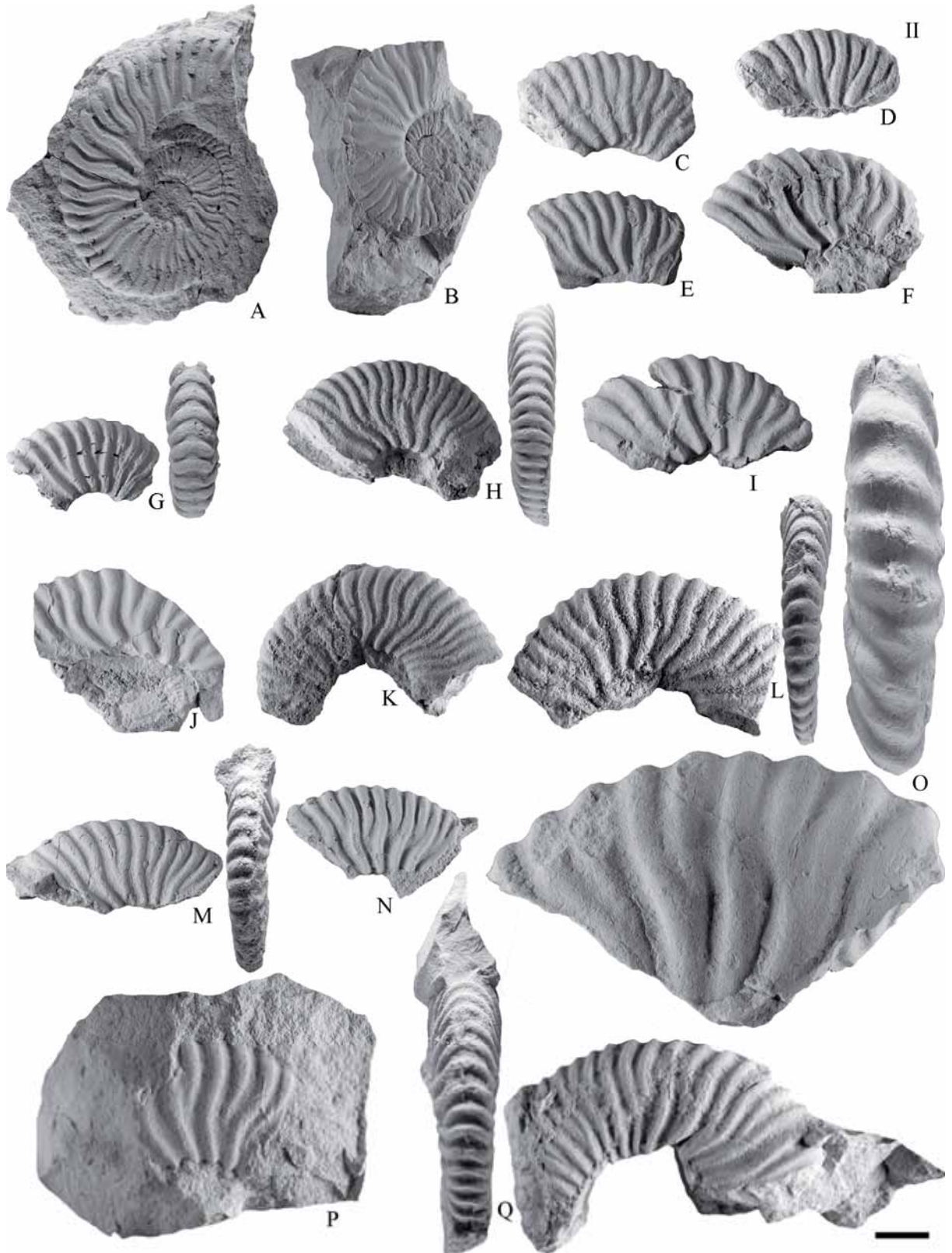


876

877 I. A : *Deshayesites luppovi* lateral view of specimen X Ac 104.23, Alcoraya section,

878 *Deshayesites oglanlensis* Zone. B: *Deshayesites luppovi* lateral view of specimen X

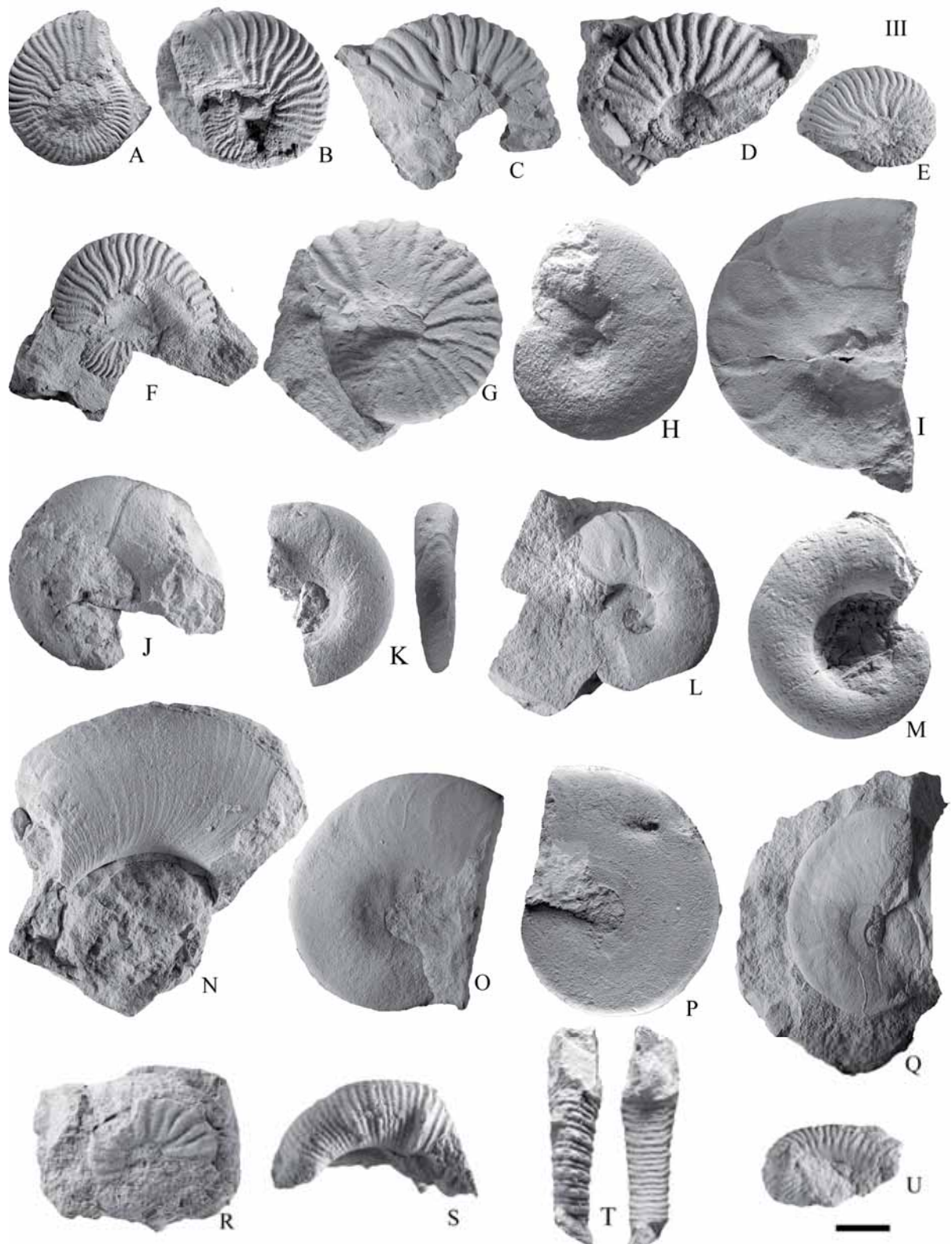
879 **Fc 114.4, Font Calent section, *Deshayesites ogranlensis* Zone. C: *Deshayesites***
880 ***luppovi* lateral view of specimen X Fc 114.17, Font Calent section, *Deshayesites***
881 ***ogranlensis* Zone. D: *Deshayesites luppovi* lateral view of specimen X Ac 104.3,**
882 **Alcoraya section, *Deshayesites ogranlensis* Zone. E: *Kutatissites* sp. ventral region X**
883 **Ac 110.12, Alcoraya section, *Deshayesites ogranlensis* Zone. F: *Phyllopachyceras***
884 ***infundibulum* lateral view of specimen X Ac 103.20, Alcoraya section, *Deshayesites***
885 ***ogranlensis* Zone. G: *Melchiorites melchioris* lateral view of specimen X Ac 107.6,**
886 **Alcoraya section, *Deshayesites ogranlensis* Zone. H: *Toxoceratoides* sp. lateral view**
887 **of specimen X Ac 103.27, Alcoraya section, *Deshayesites ogranlensis* Zone. I:**
888 ***Deshayesites forbesi* lateral view of specimen X P3 0.2, Cau section, *Deshayesites***
889 ***forbesi* Zone. J: *Deshayesites forbesi* lateral view of specimen X Ac 120.5, Alcoraya**
890 **section, *Deshayesites forbesi* Zone. K: *Deshayesites forbesi* lateral view of specimen**
891 **X AB 2.51, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. L: *Deshayesites forbesi***
892 **lateral view of specimen X AB 2.7, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone.**
893 **Scale bar = 1cm.**



894

895 II. A: *Deshayesites euglyphus* lateral view of specimen X Ac 117.1, Alcoraya
896 section, *Deshayesites forbesi* Zone. B: *Deshayesites euglyphus* lateral view of
897 specimen X Ac 115.1, Alcoraya section, *Deshayesites forbesi* Zone. C: *Deshayesites*

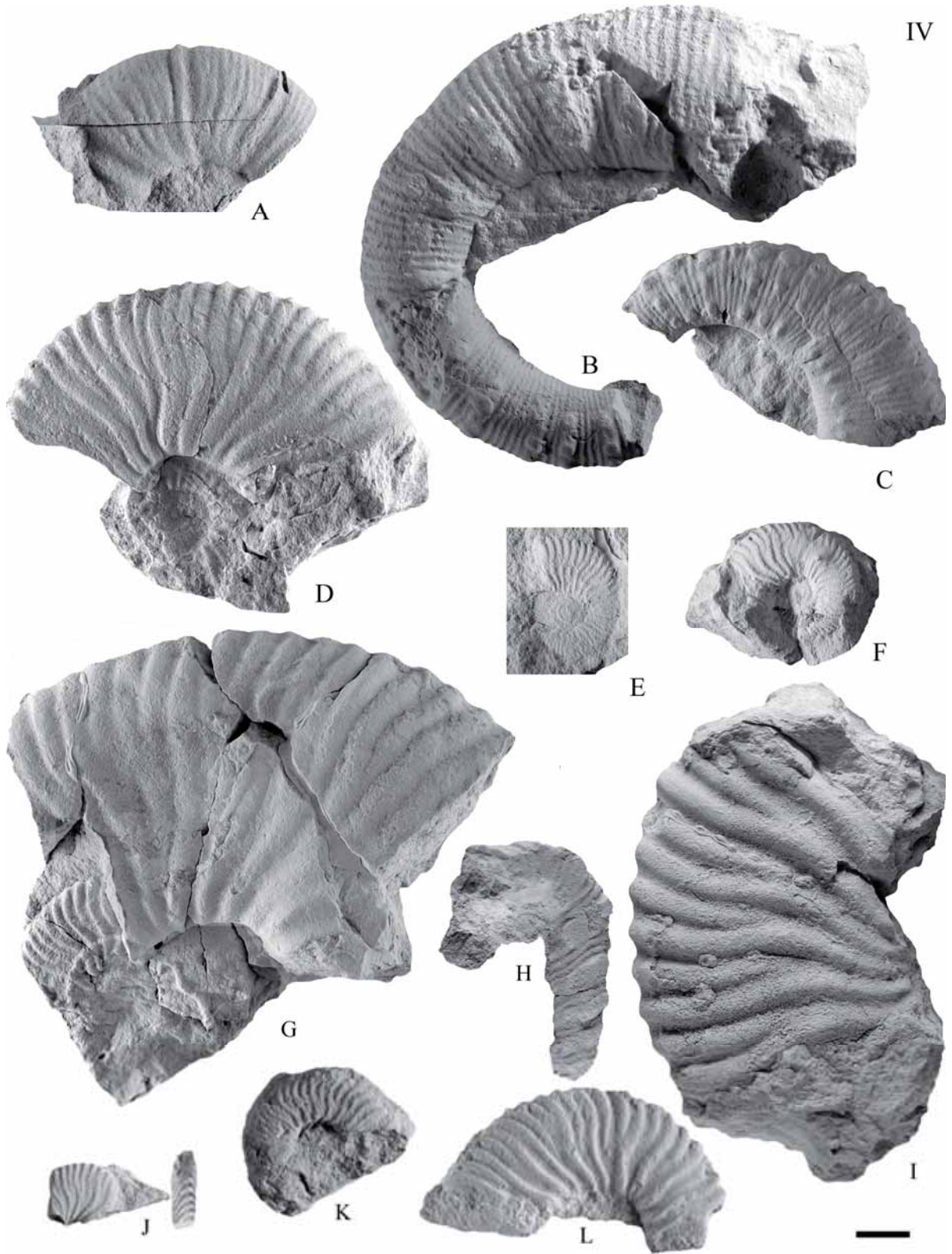
898 *forbesi* lateral view of specimen X P3 2.2, Cau section, *Deshayesites forbesi* Zone.
899 **D:** *Deshayesites euglyphus* lateral view of specimen X AB 1.2, Racó Ample section,
900 *Deshayesites forbesi* Zone. **E:** *Deshayesites forbesi* lateral view of specimen X Ac
901 118.2, Alcoraya section, *Deshayesites forbesi* Zone. **F:** *Deshayesites euglyphus*
902 lateral view of specimen X Ac 115.17. **G:** *Deshayesites forbesi* lateral and ventral
903 view of specimen X AB 3.14, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. **H:**
904 *Deshayesites forbesi* lateral view of specimen X AB 5.12, Racó Ample section,
905 *Deshayesites forbesi* Zone. **I:** *Deshayesites euglyphus* lateral view of specimen X P3
906 0.4, Cau section, *Deshayesites forbesi* Zone. **J:** *Deshayesites euglyphus* lateral view
907 of specimen X Ac 118.15, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. **K:**
908 *Deshayesites forbesi* lateral view of specimen X AB 2.6, Racó Ample section,
909 *Deshayesites forbesi* Zone. **L:** *Deshayesites forbesi* lateral and ventral view of
910 specimen X AB 2.8, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. **M:**
911 *Deshayesites forbesi* lateral and ventral view of specimen X AB 2.11, Racó Ample
912 section, *Deshayesites forbesi* Zone. **N:** *Deshayesites euglyphus* lateral view of
913 specimen X Ac 115.14, Alcoraya section, *Deshayesites forbesi* Zone. **O:** *Deshayesites*
914 *euglyphus* lateral view of specimen X AB 2.18, Racó Ample section, *Deshayesites*
915 *forbesi* Zone. **P:** *Deshayesites euglyphus* lateral view of specimen X AB 4.54, Racó
916 Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. **Q:** *Deshayesites forbesi* ventral and
917 lateral view of specimen X AB 4.45, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone.
918 Scale bar = 1cm.



919

920 **III A:** *Deshayesites forbesi* lateral view of specimen X AB 4.35, Racó Ample section,
921 *Deshayesites forbesi* Zone. **B:** *Deshayesites forbesi* lateral view of specimen X AB
922 4.46, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. **C:** *Deshayesites euglyphus*

923 lateral view of specimen X AB 5.18, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone.
924 D: *Deshayesites euglyphus* lateral view of specimen X AB 4.68, Racó Ample section,
925 *Deshayesites forbesi* Zone. E: *Deshayesites forbesi* lateral view of specimen X AB
926 4.64, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. F: *Deshayesites forbesi* lateral
927 view of specimen X AB 5.11, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. G:
928 *Deshayesites euglyphus* lateral view of specimen X P3 3.1, Cau section, *Deshayesites*
929 *forbesi* Zone. H: *Barremites strettostoma* lateral view of specimen X AB 3.20, Racó
930 Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. I: *Barremites strettostoma* lateral view of
931 specimen X P3 8.3, Cau section, *Deshayesites forbesi* Zone. J: *Melchiorites*
932 *melchioris* lateral view of specimen X AB 4.25, Racó Ample section, *Deshayesites*
933 *forbesi* Zone. K: *Melchiorites melchioris* lateral and ventral view of specimen X AB
934 2.3, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. L: *Melchiorites melchioris*
935 lateral view of specimen X Ac 123.12, Alcoraya section, *Deshayesites forbesi* Zone.
936 M: *Eulytoceras phestum* lateral view of specimen X AB 4.81, Racó Ample section,
937 *Deshayesites forbesi* Zone. N: *Eulytoceras phestum* lateral view of specimen X AB
938 2.14, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. O: *Barremites strettostoma*
939 lateral view of specimen X P3 11.3. P: *Barremites strettostoma* lateral view of
940 specimen X P3 11.5, Cau section, *Deshayesites forbesi* Zone. Q: *Barremites*
941 *strettostoma* lateral view of specimen X Ac 119.7, Alcoraya section, *Deshayesites*
942 *forbesi* Zone. R: *Pseudosaynella undulata* lateral view of specimen X P3 11.1, Cau
943 section, *Deshayesites forbesi* Zone. S: *Ancyloceras* sp. lateral view of specimen X
944 AB 1.5, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. T: *Toxoceratoides*
945 *royerianus* ventral and dorsal view of specimen X AB 4.10, Racó Ample section,
946 *Deshayesites forbesi* Zone. U: *Toxoceratoides royerianus* lateral view of specimen X
947 AB 3.5, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. Scale bar = 1cm.



948

949 IV A: *Pseudohaploceras* sp. lateral view of specimen X AB 5.21, Racó Ample
950 section, *Deshayesites forbesi* Zone. B: *Ancyloceras* sp. lateral view of specimen X
951 AB 5.2, Racó Ample section, *Deshayesites forbesi* Zone. C: *Ancyloceras* sp. lateral

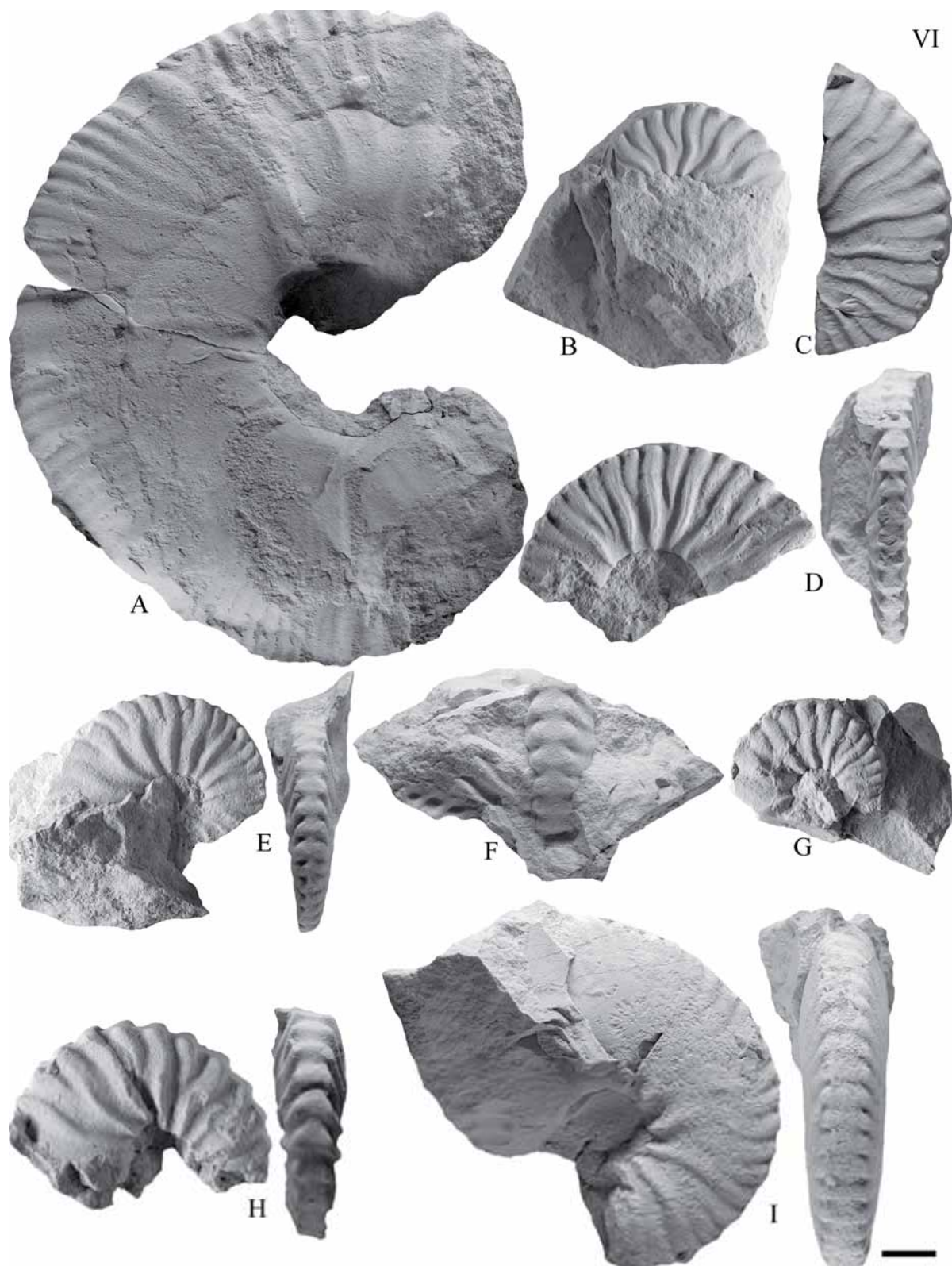
952 view of specimen X P3 5.5, Cau section, *Deshayesites forbesi* Zone. D: *Deshayesites*
953 *grandis* lateral view of specimen X P3 39.2, Cau section, *Deshayesites deshayesi*
954 Zone. E: *Deshayesites deshayesi* lateral view of specimen X P3 31.2, Cau section,
955 *Deshayesites deshayesi* Zone. F: *Deshayesites deshayesi* lateral view of specimen X
956 P3 37.7, Cau section, *Deshayesites deshayesi* Zone. G: *Deshayesites grandis* lateral
957 view of specimen X P3 37.16, Cau section, *Deshayesites deshayesi* Zone. H:
958 *Toxoceratoides royerianus* lateral view of specimen X P3 32.17, Cau section,
959 *Deshayesites deshayesi* Zone. I: *Deshayesites latilobatus/involutus* group lateral view
960 of specimen SM-111-2, Mas de Llopis, Serra Mariola, *Deshayesites deshayesi* Zone.
961 J: *Deshayesites deshayesi* lateral view of specimen X AB 15.4, Racó Ample section,
962 *Deshayesites deshayesi* Zone. K: *Deshayesites deshayesi* lateral view of specimen X
963 P3 31.4, Cau section, *Deshayesites deshayesi* Zone. L: *Deshayesites* sp. lateral view
964 of specimen X P3 37.14, Cau section, *Deshayesites deshayesi* Zone. Scale bar =
965 1cm.



966

967 V. A: *Deshayesites grandis* lateral view of specimen X P3 39.1, Cau section,
968 *Deshayesites deshayesi* Zone. B: *Dufrenoyia dufrenoyi* ventral view of specimen X
969 Ac 192.17, Alcoraya section, *Dufrenoyia furcata* Zone. C: *Dufrenoyia dufrenoyi*

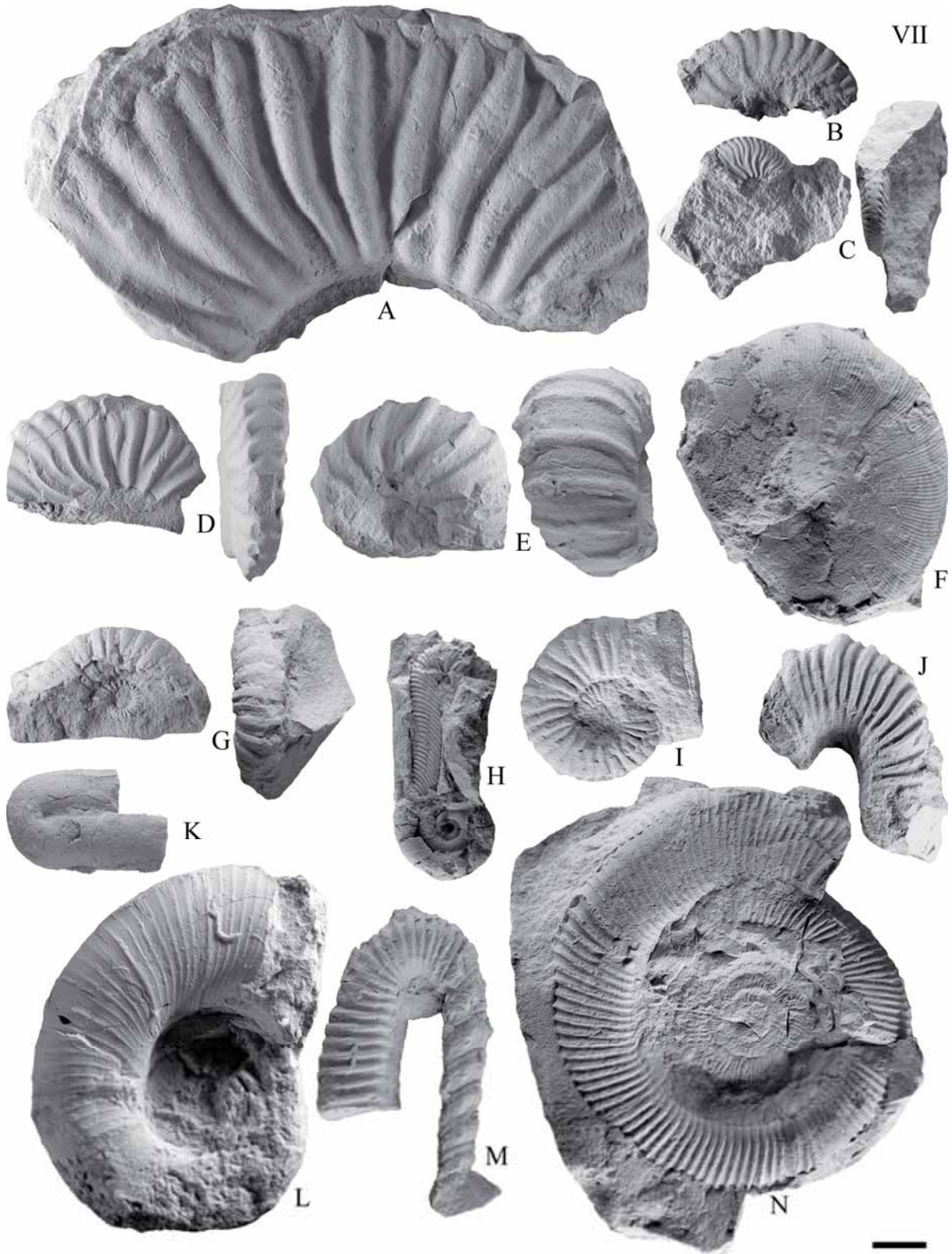
970 lateral view of specimen X Ac 192.56, Alcoraya section, *Dufrenoyia furcata* Zone.
971 D: *Melchiorites strigosus* lateral view of specimen X AB 15.5, Racó Ample section,
972 *Deshayesites deshayesi* Zone. E: *Dufrenoyia furcata* ventral view of specimen X Fc1
973 2.1, Font Calent section, *Dufrenoyia furcata* Zone. F: *Dufrenoyia dufrenoyi* ventral
974 view of specimen X P3 46B.8, Cau section, *Dufrenoyia furcata* Zone. G:
975 *Deshayesites grandis* lateral and ventral view of specimen SM-111-7, Mas de
976 Llopis, Serra Mariola, *Deshayesites deshayesi* Zone. H: *Cheloniceras cornuelianum*
977 lateral view of specimen X P3 32.3, Cau section, *Deshayesites deshayesi* Zone. Scale
978 bar = 1cm.



979

- 980 VI. A: *Pseudohaploceras* sp. lateral view of specimen X P3 32.8, Cau section,
981 *Deshayesites deshayesi* Zone. B: *Dufrenoyia dufrenoyi* lateral view of specimen X
982 AB 19A.5, Racó Ample section, *Dufrenoyia furcata* Zone. C: *Dufrenoyia dufrenoyi*

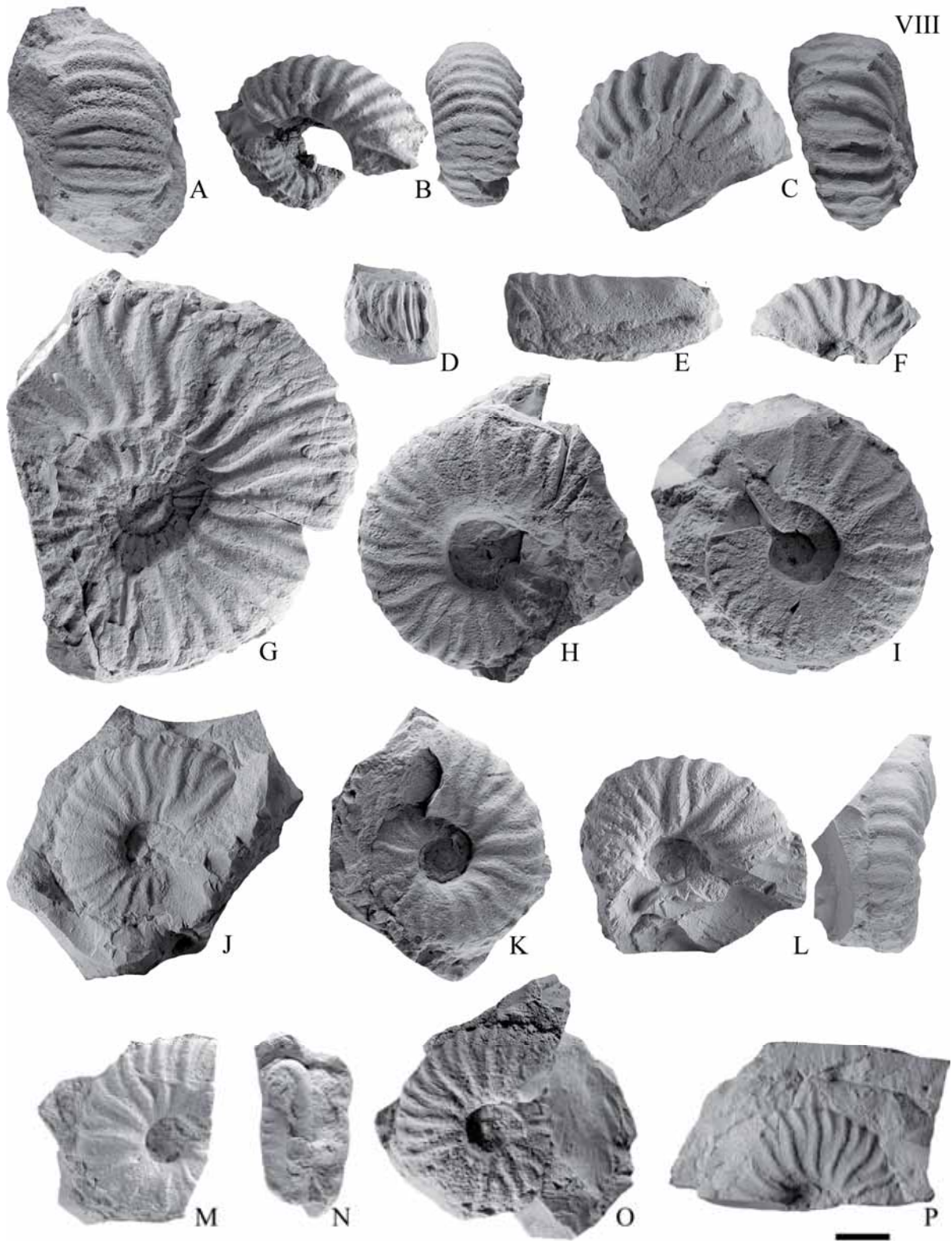
983 lateral view of specimen X P3 46B.8, Cau section, *Dufrenoyia furcata* Zone. D:
984 *Dufrenoyia dufrenoyi* lateral and ventral view of specimen X P3 46B.5, Cau section,
985 *Dufrenoyia furcata* Zone. E: *Dufrenoyia dufrenoyi* lateral and ventral view of
986 specimen X AB 20.3, Racó Ample section, *Dufrenoyia furcata* Zone. F: *Dufrenoyia*
987 *dufrenoyi* ventral view of specimen X AB 20.9, Racó Ample section, *Dufrenoyia*
988 *furcata* Zone. G: *Dufrenoyia dufrenoyi* lateral view of specimen X AB 24.3, Racó
989 Ample section, *Dufrenoyia furcata* Zone. H: *Dufrenoyia dufrenoyi* lateral and
990 ventral view of specimen X AB 22.9, Racó Ample section, *Dufrenoyia furcata* Zone.
991 I: *Dufrenoyia transitoria* lateral and ventral view of specimen X AB 20.18, Racó
992 Ample section, *Dufrenoyia furcata* Zone. Scale bar = 1cm.



993

994 VII. A: *Dufrenoyia* sp. lateral view of specimen X AB 29.5, Racó Ample section,
995 *Dufrenoyia furcata* Zone. B: *Dufrenoyia dufrenoyi* lateral view of specimen X AB
996 19A.1, Racó Ample section, *Dufrenoyia furcata* Zone. C: *Dufrenoyia dufrenoyi*

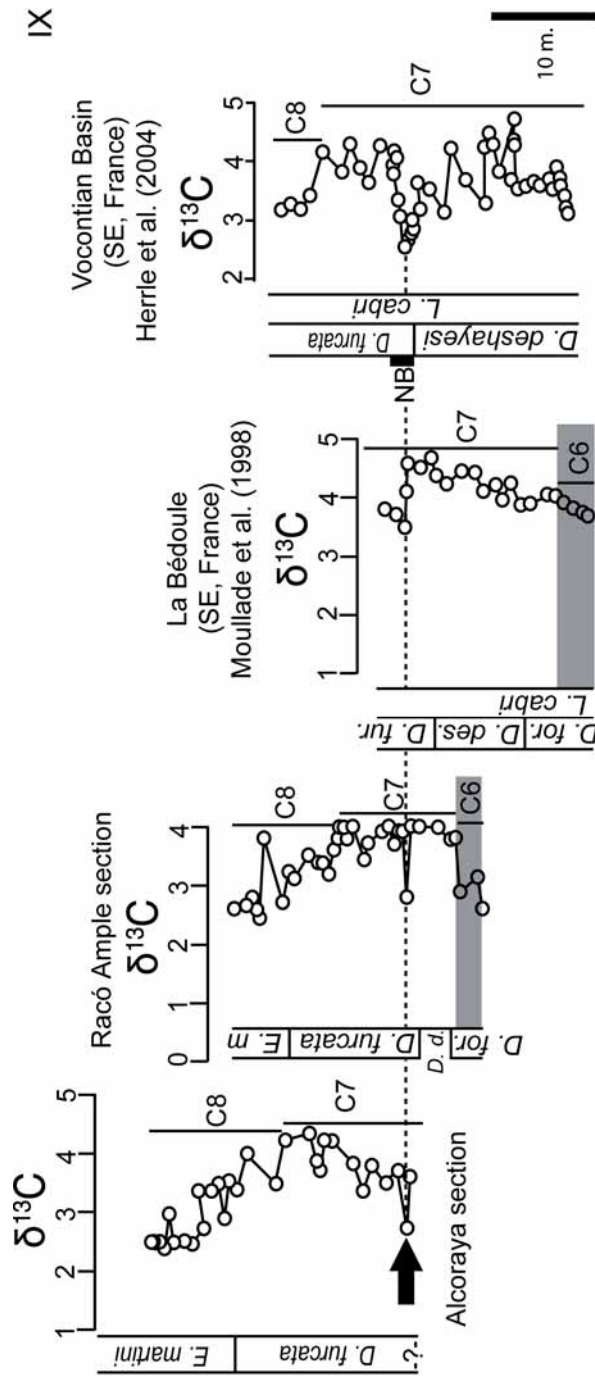
997 lateral and ventral view of specimen X AB 24.8, Racó Ample section, *Dufrenoyia*
998 *furcata* Zone. D: *Dufrenoyia dufrenoyi* lateral and ventral view of specimen X Ac
999 192.48, Alcoraya section, *Dufrenoyia furcata* Zone. E: *Chelonicerus?* sp. ind. lateral
1000 and ventral view of specimen X Fc1 3.14, Font Calent 1 section, *Dufrenoyia furcata*
1001 Zone. F: *Phylloceras ponticuli* lateral view of specimen X Ac 189.33, Alcoraya
1002 section, *Dufrenoyia furcata* Zone. G: *Colombicerus* aff. *spathi* lateral and ventral
1003 view of specimen X Ac 188.8, Alcoraya section, *Dufrenoyia furcata* Zone. H:
1004 *Macroscaphites yvani* lateral view of specimen X Ac 183.15, Alcoraya section,
1005 *Dufrenoyia furcata* Zone. I: *Colombicerus* aff. *spathi* lateral view of specimen X P3
1006 47.20, Cau section, *Dufrenoyia furcata* Zone. J: *Toxoceratoides royerianus* lateral
1007 view of specimen X Ac 189.31, Alcoraya section, *Dufrenoyia furcata* Zone. K:
1008 *Ptyhoceras* sp. lateral view of specimen X Fc1 3.25, Font Calent 1 section,
1009 *Dufrenoyia furcata* Zone. L: *Eulytoceras phestum* lateral view of specimen X Ac
1010 183.29, Alcoraya section, *Dufrenoyia furcata* Zone. M: *Toxoceratoides royerianus*
1011 lateral view of specimen X Ac 189.32, Alcoraya section, *Dufrenoyia furcata* Zone.
1012 N: *Costidiscus recticostatus* lateral view of specimen X Fc1 5.8, Font Calent 1
1013 section, *Dufrenoyia furcata* Zone. Scale bar = 1cm.
1014



1015

1016 VIII. A: *Epicheloniceras debile* ventral view of specimen X AB 41.1, Racó Ample
1017 section, *Epicheloniceras martini* Zone. B: *Epicheloniceras debile* lateral and ventral
1018 view of specimen X AB 41.9, Racó Ample section, *Epicheloniceras martini* Zone. C:

1019 *Epicheloniceras* sp. lateral and ventral view of specimen X AB 44.1, Racó Ample
1020 section, *Epicheloniceras martini* Zone D: *Epicheloniceras martini* ventral view of
1021 specimen X Ac 202.2, l'Alcoraia section, *Epicheloniceras martini* Zone. E:
1022 *Ptychoceras* sp. lateral view of specimen X AB 40.2, Racó Ample section,
1023 *Epicheloniceras martini* Zone. F: *Caseyella* sp. lateral view of specimen X Ac
1024 200.24, l'Alcoraia section, *Epicheloniceras martini* Zone. G: *Colombiceras*
1025 *crassicostaum* lateral view of specimen X Ac 199.1, l'Alcoraia section,
1026 *Epicheloniceras martini* Zone. H: *Caseyella* sp. lateral view of specimen X Ac
1027 200.20, l'Alcoraia section, *Epicheloniceras martini* Zone. I: *Caseyella* sp. lateral
1028 view of specimen X Ac 203.4, l'Alcoraia section, *Epicheloniceras martini* Zone. J:
1029 *Caseyella* sp. lateral view of specimen X Ac 200.46, l'Alcoraia section,
1030 *Epicheloniceras martini* Zone. K: *Caseyella* sp. lateral view of specimen X Ac
1031 200.14, l'Alcoraia section, *Epicheloniceras martini* Zone. L: *Caseyella* sp. lateral
1032 view of specimen X Ac 200.6, l'Alcoraia section, *Epicheloniceras martini* Zone. M:
1033 *Caseyella* sp. lateral view of specimen X Ac 200.39, l'Alcoraia section,
1034 *Epicheloniceras martini* Zone. N: *Ptychoceras laeve* lateral view of specimen X Ac
1035 204.1, l'Alcoraia section, *Epicheloniceras martini* Zone. O: *Caseyella* sp. lateral
1036 view of specimen X Ac 200.5, l'Alcoraia section, *Epicheloniceras martini* Zone. P:
1037 *Caseyella* sp. lateral view of specimen X Ac 200.29, l'Alcoraia section,
1038 *Epicheloniceras martini* Zone. Scale bar = 1cm.



1039

1040 IX: Detail of the isotopic curves of the Alcoraya and Racó Ample sections studied
 1041 in the Prebetic domain. These curves are compared with the reference sections of
 1042 Cassis-La Bédoule, France (Moullade et al., 1998, 2000; Kuhnt et al., 2000; Renard
 1043 et al., 2005) and the Vocontian basin (Herrle et al. 2004). A sharp negative peak,

1044 **near the base of the *Dufrenoyia fucata* Zone, is compared in these four sections (see**
1045 **the arrow).**

Annex 2

- Moreno, J.A., Company, M., Delanoy, G., Grauges, A., Martínez, R., Salas, R., 2007. Precisiones sobre la edad, mediante ammonoideos y nautiloideos, de la Fm. Margas del Forcall en la subcuenca de Oliete (Cadena Ibèrica, España). *Geogaceta*, 42, 75-78.
- Moreno-Bedmar, J.A., Bover-Arnal, T., Salas, R., Company, M., 2008. The early Aptian oceanic anoxic event in the Maestrat Basin (NE Iberian Chain). *Geo-Temas*, 10, 159-162.
- Moreno, J.A., 2007. Bioestratigrafía del Aptiense del macizo del Garraf (NE de la Península Ibèrica). *Geogaceta*, 41, 131-134.
- Moreno Bedmar, J.A., 2007a. Precisiones sobre la edad de la transgresión Aptiense inferior en el nordeste de la Península Ibèrica mediante ammonites: datos preliminares. *Actas del III Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*. Almécija, S., Casanovas-Vilar, I., Furió, M., Madurell, J., Marmi, J., Vila B. (eds), 135-142 pp.
- Moreno Bedmar J.A., 2007b. *Deshayesites latilobatus* y *Deshayesites grandis* procedentes del macizo del Garraf (Barcelona). ¿"Especies" sinónimas de *D. deshayesi* ? *Cantera Paleontologica*, Diputación Provincial de Cuenca. 289-300.
- Moreno-Bedmar, J.A., Ramírez, L., Company, M., Delanoy, G., Bover-Arnal, T., Bulot, L.-G., Latil, J.-L., Salas, R., 2009a. Bioestratigrafía de los amonites de Can Casanyes. Macizo de Garraf (Barcelona, España). *Batalleria*, 14, 91-98.
- Moreno-Bedmar, J.A., García, R., 2009. Bioestratigrafía de los ammonoideos de la Unidad Calizas del Farreny, Aptiense inferior, del Macizo del Garraf (NE de Espanya). *Batalleria*, 14, 85-90.

Precisiones sobre la edad, mediante ammonoideos y nautiloideos, de la Fm. Margas del Forcall en la subcuenca de Oliete (Cadena Ibérica, España)

Precisions on the age of the Margas del Forcall Fm in the Oliete sub-basin (NE Iberian Range, Spain) by means of ammonoids and nautiloids.

J.A. Moreno ⁽¹⁾, M. Company ⁽²⁾, G. Delanoy ⁽³⁾, A. Grauges ⁽⁴⁾, G. Martínez y R. Salas ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Martí i Franquès s/n, 08028. (Barcelona, España) j.a.moreno@ub.edu

⁽²⁾ Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, 18002 (Granada, España).

⁽³⁾ Département des Sciences de la Terre, Université de Nice-Sophia Antipolis 28 Avenue Valrose F-06100 (Nice, Francia).

⁽⁴⁾ Departament de Geologia (Paleontologia). Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici Cs. 08193-Bellaterra (Barcelona).

ABSTRACT

Ammonoids and nautiloids from Margas del Forcall Formation, located in the Oliete sub-basin (Iberian Chain), were studied. Taphonomic, sedimentologic and biostratigraphic analyses were carried out. The fossil record of cephalopods is especially abundant in a layer made up of reddish limestone with elongated nodules that are usually covered by a ferruginous-manganese crust. These nodules are embedded in a micritic matrix where infaunal tiering is largely preserved. The biostratigraphic study has allowed recognizing Hambrovi Subzone and proposing a new biostratigraphic position for this stratigraphic interval.

Key words: ammonoids, nautiloids, Margas del Forcall Formation, Oliete, Iberian Chain, Hambrovi Subzone

Geogaceta, 42 (2007), 75-78
ISSN: 0213683X

Marco geológico

La subcuenca de Oliete está situada en la parte noroccidental de la cuenca del Maestrazgo en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, Fig. 1. Limita al Norte y Noreste con la Cuenca Terciaria del Ebro, al Este con la Depresión Terciaria de Calanda, al Oeste con el anticlinal Paleozoico de Montalbán y al Sudeste con la subcuenca de Morella.

La subcuenca de Oliete se formó en el bloque superior hundido de una falla lístrica situada en el borde septentrional de la subcuenca durante la etapa de rifting Jurásico superior-Cretácico inferior siendo especialmente activo durante el Aptiense, Salas *et al.* (2001).

Antecedentes

Los ammonoideos y nautiloideos del Aptiense inferior de la subcuenca de Oliete son conocidos desde mediados del siglo XIX. Coquand (1865), en su monografía del Aptiense español, describió una especie nueva, *Roloboceras arnaudi* (Coquand), procedente de esta región. Vilanova (1870) y Cortazar (1885) estudiaron el Aptiense de Teruel. Sornay y Marin (1972) analizaron con cierto detalle

las asociaciones con especies de *Roloboceras* y *Megatyloceras* describiendo

algunas especies y variedades nuevas. Murat (1983) centra su tesis doctoral en el

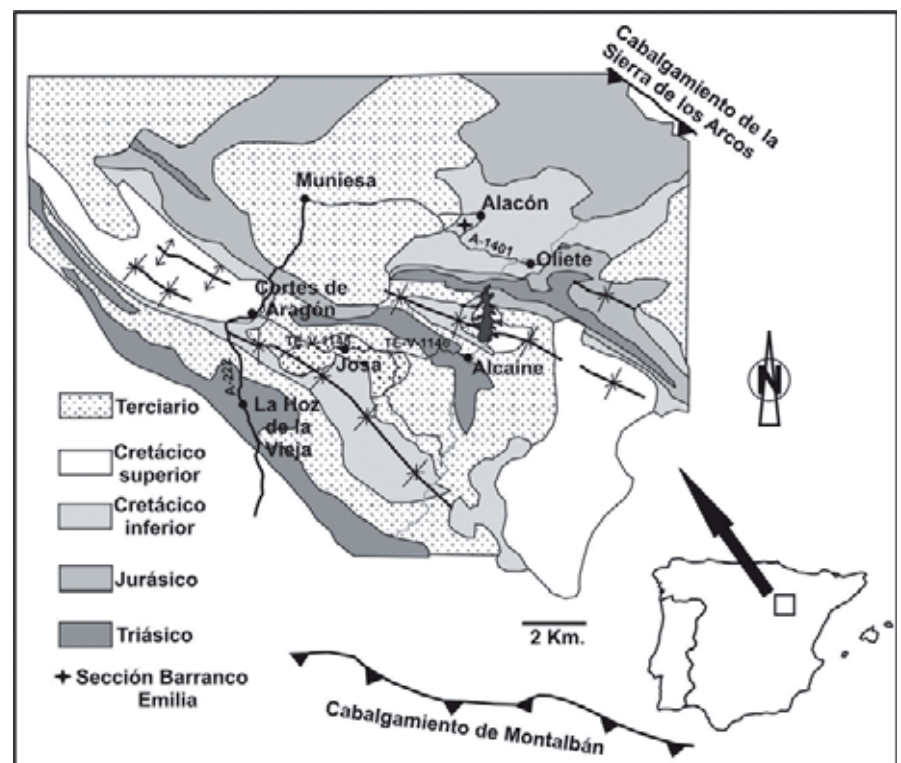


Fig. 1.- Mapa geológico simplificado.

Fig. 1.- Geologic simplified map.

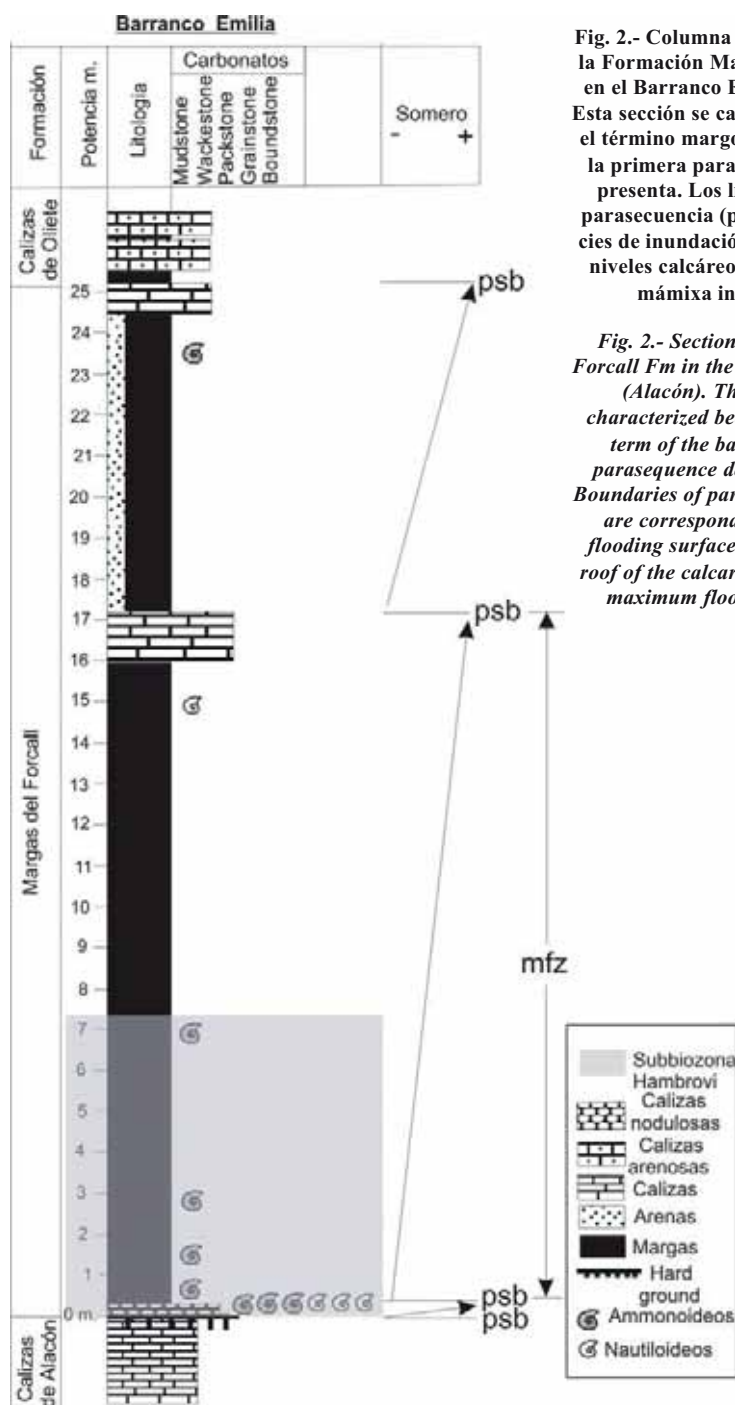


Fig. 2.- Columna estratigráfica de la Formación Margas del Forcall en el Barranco Emilia (Alacón). Esta sección se caracteriza porque el término margoso de la base de la primera parasecuencia no se presenta. Los límites de cada parasecuencia (psb) son superficies de inundación al techo de los niveles calcáreos. mfz: zona de máxima inundación.

Fig. 2.- Section of Margas del Forcall Fm in the Barranco Emilia (Alacón). This section is characterized because the marly term of the base of the first parasequence does not appear. Boundaries of parasequences (psb) are correspond to maximum flooding surfaces of flood to the roof of the calcareous levels. mfs: maximum flooding surface.

Estratigrafía y sedimentología

La capa de caliza rojiza nodulosa con abundantes restos de cefalópodos se encuentra situada en el techo de la primera parasecuencia de la formación de Margas del Forcall, la cual está formada por tres parasecuencias en la subcuenca de Oliete (Fig. 2). Cada parasecuencia consta de dos términos, el inferior de naturaleza margosa, es siempre el más potente (hasta 16 m. de potencia). El término superior está constituido por calizas de hasta 1 m de potencia. Estas parasecuencias son sucesiones de somerización estrato y grano crecientes típicas de la sedimentación carbónica en medios submareales. La segunda parasecuencia es la más desarrollada (hasta 17 m. de potencia) y correspondería al intervalo de máxima inundación de la secuencia de depósito de tercer orden Aptiense inferior.

En la Tejería de Josa la Fm. Margas del Forcall (hasta 30 m. de potencia) presenta las tres parasecuencias bien desarrolladas, mientras que en el Barranco de Emilia de Alacón (hasta 25 m. de potencia) el término margoso de la primera parasecuencia no está presente. Este hecho produce que el término superior, formado por la capa de caliza rojiza nodulosa rica en cefalópodos, descansa directamente sobre la superficie perforada, incrustada y ferruginizada de *hard ground* que tapiza el techo de la unidad subyacente (Fm. calizas de Alacón).

La capa de caliza rojiza nodulosa rica en restos de cefalópodos (hasta 0,3 m. de potencia) está constituida por una caliza micrítica con estratificación irregular con nódulos micríticos de color rosa pálido englobados en una matriz limolítica. Los nódulos son alargados en el sentido de la estratificación y suelen estar recubiertos de una pátina generalmente ferruginosa y puntualmente manganésica. Esta capa contiene también restos fósiles bentónicos (equinoideos, bivalvos, gasterópodos) que pueden ser localmente abundantes. Los ammonites generalmente están incrustados y recubiertos por las pátinas de hematites y magnesio, en raras ocasiones pueden presentar incipientes facetas de truncamiento y de manera más frecuente desarticulaciones a favor de septos. Las señales de bioturbación tipo *Chondrites* y *Thalassinoides* son abundantes en toda la capa.

Se ha interpretado que se trata de una de una facies pelágica condensada. Ello puede ser el resultado de una sedimentación lenta, con interrupciones de la sedimentación y etapas de corrosión y cementación submarina con desarrollo de

análisis estratigráfico y sedimentológico de la subcuenca de Oliete. El estudio bioestratigráfico que realiza sobre los ammonoideos de las Margas del Forcall le hace concluir que son atribuibles a la Biozona Forbesi. Martínez *et al.* (1994) en un trabajo de síntesis dieron a conocer la distribución de los ammonites del Cretácico inferior de la Cordillera Costera Catalana e Ibérica Oriental. Recientemente Martínez y Grauges (2006) estudian los nautiloideos de la subcuenca de Oliete mientras que Moreno (2007) estudia la edad de la base de las Margas del Forcall en tres localidades del NE de la Península Ibérica y las atribuye a la Biozona Weissi.

Tafonomía

La capa de Caliza nodulosa rojiza rica en ammonoideos y nautiloideos contiene una asociación condensada (Fernández-López, 1984) que se caracteriza por la mezcla de elementos reelaborados (más del 99%) y resedimentados, representados generalmente por fragmentos de concha.

Los niveles suprayacentes tienen pocos ammonoideos y nautiloideos y se caracterizan por ser asociaciones registradas constituidas por elementos resedimentados. Algunos niveles contienen núcleos piritosos de ammonites.

Lámina I

Lámina 1.- Figura 1: *Roloboceras hambrovi* vista lateral del ejemplar PUAB 48.218. 2: *Roloboceras hispanicum* vista lateral del ejemplar PUAB 48.098. 3: *Pseudosaynella bicurvata* vista lateral del ejemplar PUAB 48.137. 4 y 5 *Roloboceras* sp. vista lateral y ventral del ejemplar PUAB 48.136. 6: *Deshayesites euglyphus* vista lateral del ejemplar PUAB 48.250. 7: *Megatyloceras coronatum* vista ventral del ejemplar PUAB 48.174. 8: *Deshayesites fittoni* vista lateral del ejemplar PUAB 48.071. 9; *Deshayesites* sp. gr. *spathi* vista lateral del ejemplar PUAB 48.409. 10: *Pseudosaynella undulada* vista lateral del ejemplar PUAB 48.319. 11: *Pseudohaploceras liptoviensis* vista lateral del ejemplar A-2. 12: *Pseudosaynella raresulcata* vista lateral del ejemplar RM-1. 13: *?Ancyloceras* sp. vista lateral del ejemplar PUAB 48.331. 14 y 15: *Roloboceras transiens* vista lateral y ventral del ejemplar JM 40. 16 y 17: *Heminautilus saxbii* vista lateral y ventral del ejemplar PUAB 48.042. Escala gráfica a 10 mm.

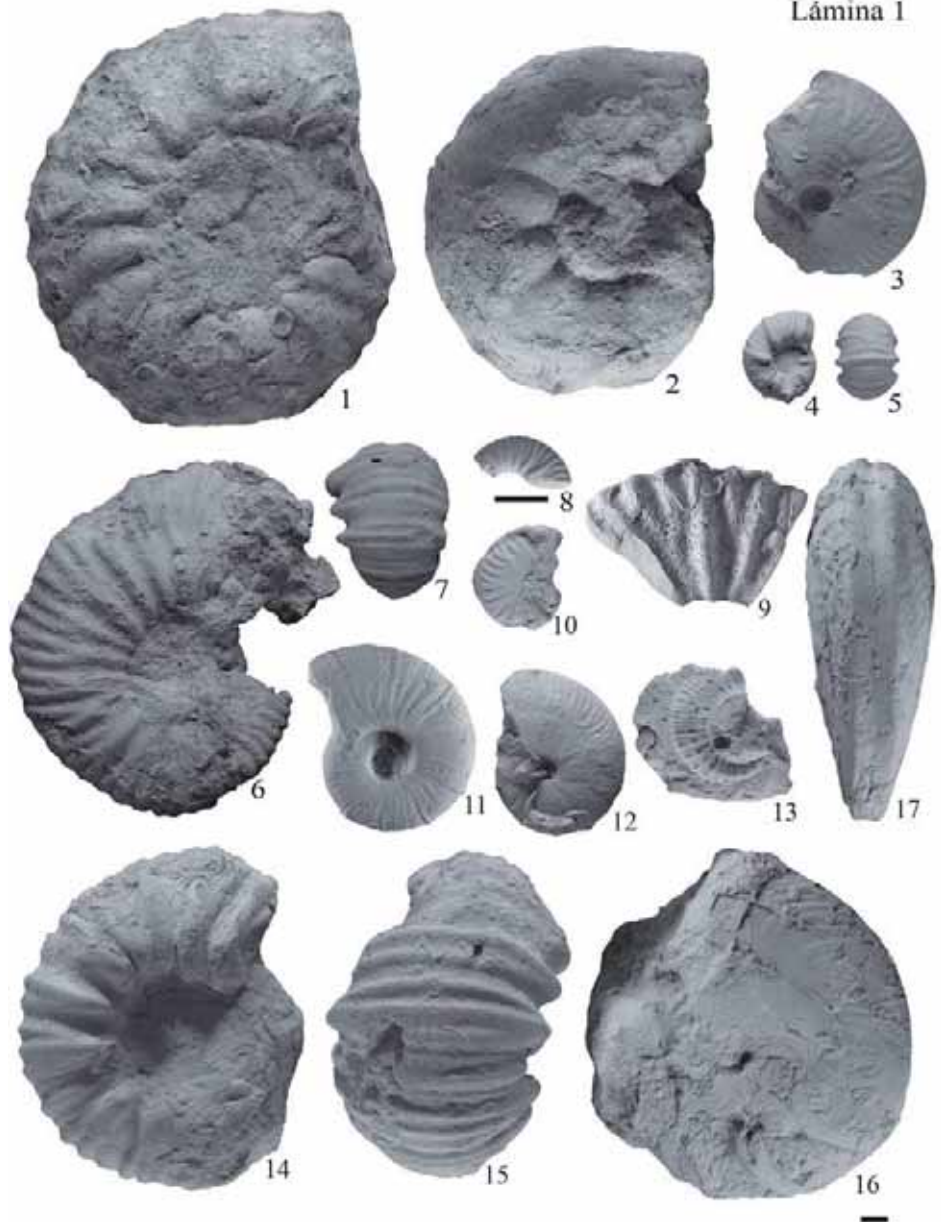


Plate I.- Figure 1: *Roloboceras hambrovi* lateral view of specimen PUAB 48.218. 2: *Roloboceras hispanicum* lateral view of specimen PUAB 48.098. 3: *Pseudosaynella bicurvata* lateral view of specimen PUAB 48.137. 4 y 5 *Roloboceras* sp. lateral and ventral view of specimen PUAB 48.136. 6: *Deshayesites euglyphus* lateral view of specimen PUAB 48.250. 7: *Megatyloceras coronatum* ventral view of specimen PUAB 48.174. 8: *Deshayesites fittoni* lateral view of specimen PUAB 48.071. 9; *Deshayesites* sp. gr. *spathi* lateral view of specimen PUAB 48.409. 10: *Pseudosaynella undulada* lateral view of specimen PUAB 48.319. 11: *Pseudohaploceras liptoviensis* lateral view of specimen A-2. 12: *Pseudosaynella raresulcata* lateral view of specimen RM-1. 13: *?Ancyloceras* sp. lateral view of specimen PUAB 48.331. 14 and 15: *Roloboceras transiens* lateral and ventral view of specimen JM 40. 16 and 17: *Heminautilus saxbii* lateral and ventral view of specimen PUAB 48.042. Scale bar 10 mm.

hard grounds, posteriormente se producen procesos diagenéticos de compactación y disolución. Los residuos arcillosos insolubles pueden llegar a ser muy abundantes en algunos sectores.

Bioestratigrafía y aspectos ecológicos relacionados

Los elementos reelaborados presentes en la capa nodulosa rojiza constituyen un

taxorregistro (Fernández-López, 1986) que se caracteriza por la presencia de la especie *Roloboceras hambrovi* (Forbes) junto con *Roloboceras transiens* Casey, *Roloboceras hispanicum* Sornay y Marin, *Roloboceras* sp., *Megatyloceras coronatum* (Rouchadzé), *Megatyloceras* sp., *Pseudohaploceras liptoviensis* (Zeuschner), *Pseudosaynella undulada* (Sarasin), *Pseudosaynella raresulcata* (Leymiere in d'Orbigny), *Pseudosaynella bicurvata* (Michelin), *?Ancyloceras* sp. *Toxoceratoides* sp., *Deshayesites fittoni* Casey, *Deshayesites euglyphus* Casey, *Desghayesites* gr. *spathi* Casey, *Heminautilus saxbii* (Morris), *Josanautilus lacerdae* (Vilanova) y *Heminautilus tejeriensis* Martínez y Grauges. Esta asociación con profusión de especies pertenecientes a los géneros *Roloboceras* y

Reino Unido		Francia		
Casey (1964)		Ropolo et al. (2000)		Presente trabajo
Deshayesi		Deshayesi	Grandis Hambrovi	Deshayesi
Forbesi	Hambrovi	Weissi		Weissi
				Hambrovi

Tabla I.- Correlación entre las biozonas de Casey (1964), Ropolo et al. (2000) y la propuesta en el presente trabajo.

Table I.- Interrelation between the biozones of Casey (1964), Ropolo et al. (2000) and the proposal in the present work.

Megatyloceras es diagnóstica de la Subbiozona Hambrovi. Los escasos ammonites resedimentados constituidos por fragmentos de concha de *Roboloceras hispanicum* Sornay & Marin y *Roboloceras* sp. un ejemplar de *Megatyloceras coronatum* (Rouchadzé) en continuidad litológica y estructural con la matriz y escasos núcleos piritosos de *Pseudosaynella undulada* (Sarasin), *Pseudosaynella raresulcata* (Leymiere in d'Orbigny) y *Pseudosaynella bicurvata* (Michelin) pertenecen a la Subbiozona Hambrovi. Las asociaciones registradas inmediatamente suprayacentes incluyen asimismo especies de los géneros *Roboloceras* y *Megatyloceras*, mientras que las últimas asociaciones con ammonoideos o nautiloideos están constituidas por ejemplares escasos y poco significativos desde un punto de vista bioestratigráfico. Así pues, todas las asociaciones registradas reconocidas corresponden a la Subbiozona Hambrovi, lo que permite afirmar que, aunque la capa nodulosa rojiza posea esencialmente ammonoideos y nautiloideos reelaborados no hay mezcla de Biozonas ni Subbiozonas.

Casey (1961), en su estudio sobre el Aptiense de Inglaterra, atribuyó la asociación de *Roboloceras* y *Megatyloceras* a la Biozona Forbesi, que equivale a la Biozona Weissi de la región Mediterránea. Por el contrario, trabajos más recientes como el de Ropolo *et al.* (2000, 2006) incluyen la Subbiozona Hambrovi en la Biozona Deshayesi. Este cambio se apoyaba en las determinaciones de las especies de Deshayesítidos presentes en este intervalo. Pensamos, sin embargo, que esas determinaciones deben ser revisadas.

En efecto, Moreno (2007) atribuye los Deshayesítidos reconocidos en la base de la Formación Margas del Forcall en el NE de la Península Ibérica a la parte alta de la Biozona Weissi. Por otra parte, las especies de *Deshayesites* reconocidas en el presente trabajo (*Deshayesites fittoni* Casey, *Deshayesites euglyphus* Casey y *Deshayesites* gr. *sptahi* Casey) todas ellas son características de la Biozona Weissi. Además, en los márgenes del Ardèche (SE de Francia) se ha recolectado recientemente en las secciones del Aptiense inferior de Le Teil, una abundante asociación registrada de ammonites con *Megatyloceras ricordeanus* (d'Orbigny), *Roboloceras hambrovi* (Forbes), *R. hispanicum* Sornay y Marin, *R. transiens* Casey a la que acompañan *Cymatoceras neckerianus* (Pictet), *Heminautilus saxbii* (Morris), *Heminautilus lallierianus* (d'Orbigny), *Subsaynella* sp., *Pseudohaploceras liptoviensis* (Zeuschner) y *Deshayesites consobrinus* (Casey). Esta última especie

aparece en la Biozona Forbesi del Reino Unido (Casey, 1964) y en la Biozona Weissi del SE de Francia (Ropolo *et al.* 2006). Por tanto, las asociaciones de *Deshayesites* recolectadas en la subcuenca de Oliete y los márgenes de Ardèche prueban que la Subbiozona Hambrovi pertenece a la Biozona Weissi, correspondiendo muy probablemente a la parte alta de esta biozona, la misma posición estratigráfica que en el Sur del Reino Unido (Fig. 3).

Hay que señalar finalmente que la asociación de especies de *Roboloceras* y *Megatyloceras* es exclusiva de facies de plataforma externa proximal, donde son acompañados por una abundante y diversificada asociación de nautiloideos, que alcanzan en esta Subbiozona su mayor biodiversidad de todo el Aptiense. Los Deshayesítidos vivían en áreas algo más distales, por lo que los escasos ejemplares encontrados se interpretan como elementos alóctonos. Por el contrario los Desmocerátidos son abundantes especialmente las diferentes especies de *Pseudosaynellas* y *Subsaynella*. La especie *Pseudohaploceras liptoviensis* (Zeuschner) también está presente representada por escasos ejemplares adultos.

Resultados y conclusiones

El análisis bioestratigráfico permite afirmar que los ammonoideos reelaborados, los resedimentados y los núcleos piritosos pertenecen a la Subbiozona Hambrovi, por ello deducimos que el episodio de reelaboración y posterior sedimentación de la caliza nodulosa rojiza se produjo en un intervalo de tiempo corto.

El análisis bioestratigráfico de los Deshayesítidos permite atribuir la Subbiozona Hambrovi a la parte alta de la Biozona Weissi cuando en otros trabajos se proponía que esta Subbiozona pertenecía a la Biozona suprayacente: Deshayesi.

Abreviaturas

- A: Colección Albert Casasús. Barcelona.
 JM: Colección José María Quer. Barcelona.
 PUAB: Colecciones de Paleontología de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Agradecimientos

Agradecer al Dr. Guillermo Meléndez de la Universidad de Zaragoza la lectura crítica del texto.

Este trabajo ha sido posible gracias al «Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons social Europeu», a los proyectos de investigación CGL2005-07445-CO3-01/BTE y CGL2005-02500 (Ministerio de Educación y Ciencia) y al Grupo de Trabajo RNM-178 (Junta de Andalucía).

Referencias

- Casey, R. (1961). *Paleontology*, 3, 487-621.
 Coquand, H. (1865). *Mémoires de la Société d'Emulation de la Provence*, 3, 17-411.
 Cortázar, D. (1885). *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 12, 263-607.
 Fernández-López, S. (1984). *Estudios Geológicos*, 40, 215-224.
 Fernández-López, S. 1986. *Revista Española de Paleontología*, 1, 29-45.
 Martínez, R., Graugés, A. y Salas, R., (1994). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 18, 337-354.
 Martínez, R. y Graugés, A. (2006). *Revista Española de Paleontología*, 21, 15-27.
 Moreno, J. A. 2007. En: *III Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*, Actas 135-142.
 Murat, B. (1983). *Contribution à l'étude stratigraphique, sedimentologique et tectonique du bassin éocène de Oliete (Prov. De Teruel, Espagne)*. Thèse Doctoral, Univ. Paul Sabatier. Toulouse, 247.
 Ropolo, P., Conte, G., Gonnet, R., Masse, J. P. y Moullade, M. (2000). *Géologie Méditerranéenne*, XXV, 167-175.
 Ropolo, P., Moullade, M., Gonnet, R., Conte, G. y Tronchetti, G. (2006). *Carnets de Géologie - Notebooks on Geology, Brest, Memoir*, 1-46.
 Salas, R., Guimerà, J., Mas, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A. y Alonso, A., (2001). Evolution of the Mesozoic Central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian Chain). En: P.A. Ziegler, W. Cavazza, A.F.H. Robertson y S. Crasquin-Soleau (Eds.), *Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, 186: 145-185.
 Sornay, J. y Marin, P. (1972). *Annales de Paléontologie*, 58, 7-16.
 Vilanova, J. (1870). *Ensayo de descripción geognóstica de la Provincia de Teruel en sus relaciones con la agricultura de la misma*. Junta de Estadística, 1-312.

The early Aptian oceanic anoxic event in the Maestrat Basin (NE Iberian Chain)

El evento anóxico oceánico Aptiense inferior en la cuenca del Maestrazgo (NE Cadena Ibérica)

J.A. Moreno-Bedmar¹, T. Bover-Arnal², R. Salas¹ and M. Company³

1 Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Martí i Franqués s/n, 08028, Barcelona, Spain. j.a.moreno@ub.edu, ramonsalas@ub.edu.

2 Abteilung Geologie, Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Universität Bayreuth, Universitätsstr. 30, 95440, Bayreuth, Germany. Telm.Bover@uni-bayreuth.de

3 Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Avenida Fuentenueva s/n, 18002, Granada, Spain. mcompany@ugr.es

Abstract: High-resolution $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ curves are reported for three lower Aptian marine shallow-water sedimentary successions located in the Maestrat Basin (E Iberian Chain; E Spain). The resulting carbon-isotope data show similar global $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ trends already observed in pelagic and marine shallow-water lower Aptian worldwide deposits by several other authors as well as the widely known $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ positive excursion corresponding to the onset of the oceanic anoxic event (OAE 1a). These global C-isotope anomalies allowed us to make an accurate geochemical correlation between the three studied Iberian sections. As suggested by numerous authors, the resulting correlation demonstrated the efficiency of the carbonate carbon-isotope geochemistry as a stratigraphic tool. In addition, a high-resolution ammonite biostratigraphy was carried out along the three studied outcrops allowing the recognition of three different ammonite biozones: *Deshayesites weissi*, *Deshayesites deshayesi* and *Dufrenoyia furcata*. This precise biostratigraphic analysis permitted us to constrain the OAE 1a interval inside the *Roloboceras hambrovi* horizon (*Deshayesites weissi* biozone).

Key words: Early Aptian, Maestrat Basin, OAE 1a, ammonites.

Resumen: Se han descrito tres curvas detalladas de $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ del Aptiense inferior en la cuenca del Maestrazgo (E Cadena Ibérica; E de España). Los datos obtenidos del carbono isotópico reflejan tendencias globales observadas por otros autores en depósitos pelágicos y marinos someros del Aptiense inferior mundial, así como la conocida excursión positiva del $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ que marca el inicio del evento anóxico oceánico (OAE 1a). Estas anomalías globales del carbono isotópico permiten una correlación geoquímica muy precisa entre las tres secciones ibéricas estudiadas. Como muchos autores ya han puesto de manifiesto, la correlación aquí efectuada demuestra la eficiencia, como instrumento estratigráfico, de la correlación geoquímica a partir de isótopos de carbono. Además, se ha realizado un estudio bioestratigráfico de alta resolución en los tres afloramientos estudiados que han permitido reconocer tres biozonas: *Deshayesites weissi*, *Deshayesites deshayesi* y *Dufrenoyia furcata*. Este análisis bioestratigráfico preciso ha permitido constatar que el OAE 1a se encuentra en el Horizonte *Roloboceras hambrovi* (Biozona *Deshayesites weissi*).

Palabras clave: Aptiense inferior, Cuenca del Maestrazgo, OAE 1a, ammonioideos.

INTRODUCTION

During the early Aptian, the anomalous igneous activity that led to the formation of the Ontong Java-Manihiki Plateaus and the Nova-Canton Trough in the Pacific Ocean may have triggered the widely reported global disturbances of the carbon cycle linked to the oceanic anoxic event 1a (OAE 1a) (Larson & Erba, 1999). This event was characterized by strong oceanographic and environmental changes (Leckie *et al.*, 2002), and by the widespread deposition of organic carbon-rich sediments ("black shales") in pelagic realm (Menegatti *et al.*, 1998).

In the last three decades, many $\delta^{13}\text{C}$ curves measured in early Aptian successions (mostly pelagic) have been published (Vahrenkamp, 1996; Menegatti *et*

al., 1998; de Gea *et al.*, 2003; Burla *et al.*, 2008, among others). These curves have revealed several globally correlatable carbon-isotope trends, and a marked well-developed excursion towards positive $\delta^{13}\text{C}$ values just at the onset of the interval corresponding to the OAE 1a. The $\delta^{13}\text{C}$ fluctuations are considered to be a consequence of global variations of the $\text{C}_{\text{org}}/\text{C}_{\text{carb}}$ burial (Menegatti *et al.*, 1998). Hence, in recent years, the C-isotope geochemistry has become a useful stratigraphic tool for correlating remote and environmentally different sedimentary successions (Vahrenkamp, 1996; Ferreri *et al.*, 1997; de Gea *et al.*, 2003; Burla *et al.*, 2008).

In this work we present the carbon-isotope record of three lower Aptian marine shallow-water successions in the Maestrat Basin (E Iberian Chain; E Spain), which

have been successfully calibrated by ammonites. The only known outcome attempt to recognize the OAE 1a in the Iberian Chain was performed by Embry (2005), who analyzed the $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ record in a shallow-water succession in the Galve sub-basin (western Maestrat Basin).

The main goal of this study is to localize the broadly known $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ positive excursion that marks the beginning of the OAE 1a, and to calibrate the resulting carbon-isotope record by ammonite biostratigraphy. In addition, the resulting curves may show similar carbon patterns, and thus, a correlation between them will be attempted to show the possibilities of carbon-isotope geochemistry as a stratigraphy allied.

GEOLOGICAL SETTING

The early Aptian sections studied are located in the Maestrat Basin (E Iberian Chain; E Spain). The Maestrat Basin developed during the Late Jurassic-Early Cretaceous rifting phase related to the opening of the Central Atlantic Ocean. This extensional episode created a syndimentary fault system that divided the Maestrat Basin into seven sub-basins: Penyalgosa, Salzedella, Morella, Perelló, Aliaga, Galve and Oliete (Fig. 1). Along this process, up to 4 km of mixed shallow-water marine carbonate and terrigenous deposits accumulated (Salas *et al.*, 2001).

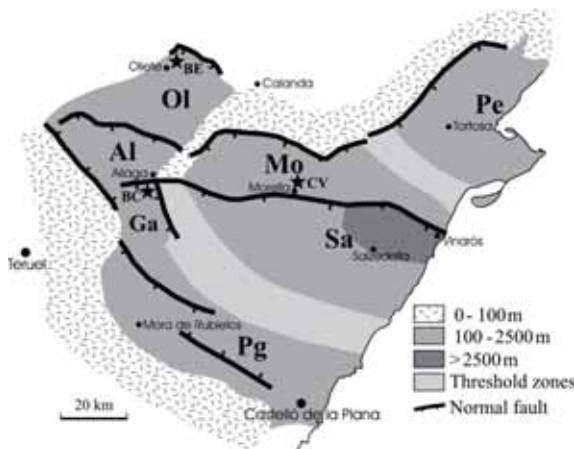


FIGURE 1. Simplified paleogeographical map of the Maestrat Basin and location of the three sections studied. BC: Barranco de las Calzadas section, CV: Cap de Vinyet-Can Llepús section, BE: Barranco Emilia section. Ol: Oliete sub-basin, Al: Aliaga sub-basin, Mo: Morella sub-basin, Pe: Perelló sub-basin, Ga: Galve sub-basin, Sa: Salzedella sub-basin, Pg: Penyalgosa sub-basin. Modified from Salas *et al.*, 2001.

C-isotope geochemical analyses were carried out in the Barranco de las Calzadas section (Galve sub-basin) (UTM coordinates; base: X=693726.22 Y=4494780.89; top: X=639551.27 Y=4494755.44), the Cap de Vinyet-Can Llepús section (Morella sub-basin) (UTM coordinates; base: X=260808 Y=4492727; top: X=260731 Y=4492429) and the Barranco Emilia section (Oliete sub-basin) (UTM coordinates; base: X=692947 Y=4543442; top: X=692983 Y=4543450) (Fig. 1).

RESULTS

The C_{carb} -isotopic composition was determined on 178 bulk rock samples collected in the aforementioned sections. The analyses were performed following standard analytical techniques (see Menegatti *et al.*, 1998; de Gea *et al.*, 2003; Burla *et al.*, 2008), and the isotopic results were expressed in ‰ relative to the VPDB standard with a precision of $\pm 0.03\text{‰}$.

The carbon-isotope data obtained for the three successions are displayed in Fig. 2. These values range between -1.41‰ and 5‰ . The $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ curves are split into 5 different segments (C2-C6) (Fig. 2), corresponding to global C-isotope trends. For discussion and correlation see Menegatti *et al.*, (1998) and de Gea *et al.*, (2003).

Segment C2: minor positive trend.

Segment C3: sharpened negative excursion reaching the absolute minimum $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ values.

Segment C4: step-like positive shift. According to Menegatti *et al.*, (1998), this pronounced excursion towards positive $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ values marks the beginning of the OAE 1a.

Segment C5: isotopic values remain mainly constant.

Segment C6: small positive excursion that marks the end of the OAE 1a interval (Menegatti *et al.*, 1998).

The biostratigraphic analysis of the ammonite associations collected along the successions is summarised in Fig. 3 and has allowed the identification of the following biozones: *Roloboceras hambrovi* horizon (*Deshayesites weissii* biozone), *Deshayesites deshayesi* biozone and *Dufrenoyia furcata* biozone.

DISCUSSION

The resulting carbon isotopic record in the three sections of Maestrat Basin reveals slight differences (Fig. 2). The Barranco Emilia section values are comprised between -1‰ and 1.32‰ , while the values from the Barranco de las Calzadas and Cap de Vinyet-Can Llepús sections display greater ranges, between -1.41‰ and 5‰ , and between 0.12‰ and 4.65‰ , respectively. Moreover, these results show more negative values and different amplitudes than the ones published for other early Aptian pelagic and shallow-water successions (see Vahrenkamp, 1996; Menegatti *et al.*, 1998; de Gea *et al.*, 2003; Burla *et al.*, 2008, among others). These anomalous ranges and depleted $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ values are usually associated with diagenetic processes or subaerial exposures that mask the original signal of the marine isotopic composition (Vahrenkamp, 1996; Menegatti *et al.*, 1998; Burla *et al.*, 2008). However, no subaerial exposures or strong diagenetic overprints are observed in the outcrops studied. Moreover, it has been widely demonstrated that carbon-isotope composition is

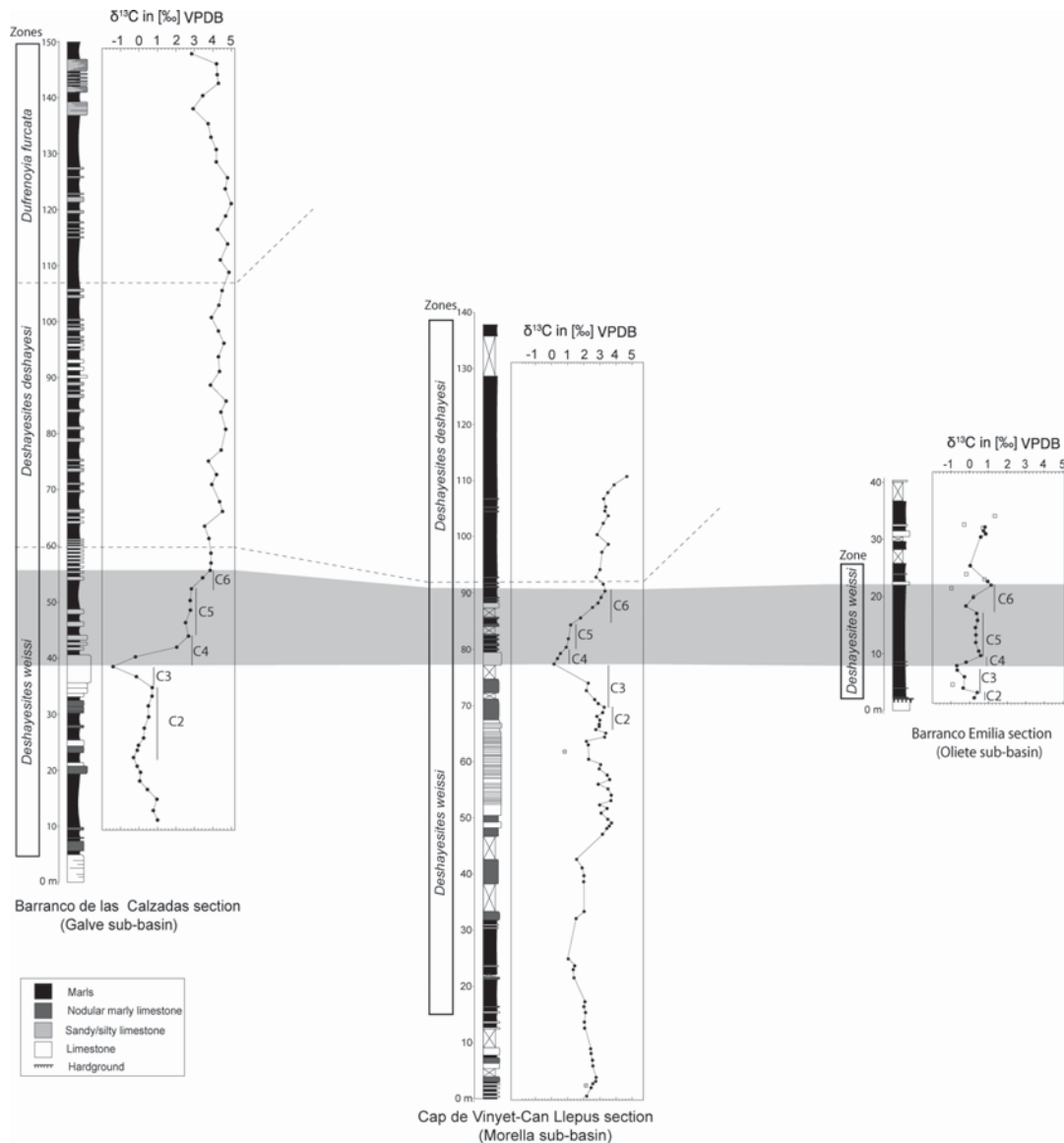


FIGURE 2. Correlation of the three Iberian sections studied. Segments C2-C6 indicate correlatable $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ trends discussed in the text. The OAE 1a interval is dashed in grey.

less affected by diagenetic overprinting than other isotopes, such as the oxygen (Menegatti *et al.*, 1998). Furthermore, it has also been shown that shallow-water sediments yield depleted $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ values in comparison with the pelagic ones, and many authors have proposed a number of mechanisms to account for these deviations (see Marshall, 1992; Vahrenkamp, 1996; Menegatti *et al.*, 1998; Burla *et al.*, 2008, among others).

The three early Aptian successions studied belong to different Maestrat sub-basins (Fig. 1) and accumulated in distinct environments. Despite this, the analysis of the measured $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ record displays similar patterns. These similarities have allowed us to divide the $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ curves into five isotopic trends (C2-C6; Fig. 2) in accordance with the ones described by Menegatti *et al.*, (1998). The correlation between these trends exhibits an excellent concordance, as in other reported early Aptian $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ curves (Vahrenkamp, 1996; Menegatti *et al.*, 1998; de

Gea *et al.*, 2003; Burla *et al.*, 2008). The $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ data obtained from the Maestrat Basin is interpreted to reproduce global trends despite a probable diagenetic overprinting.

On account of the marine shallow-water nature of the sections studied, the OAE 1a expression does not correspond to a “black shale” interval as observed in pelagic successions (Menegatti *et al.*, 1998). Hence, in this work, the OAE 1a has been chemostratigraphically defined by the interval that contains the two major positive $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ excursions (segments C4-C6; Fig. 2), as proposed by Menegatti *et al.*, (1998).

The ammonites collected during field work (Fig. 3) enable us to recognize three biozones. The $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ trends that define the OAE 1a interval (segments C4-C6) are located in the *Roloboceras hambrovi* horizon, which is represented by the *Roloboceras hambrovi*-

Megatyloceras coronatum ammonite association (Fig. 3). This association corresponds to the *Deshayesites weissi* biozone, and thus we ascribe the OAE 1a to this age zone.

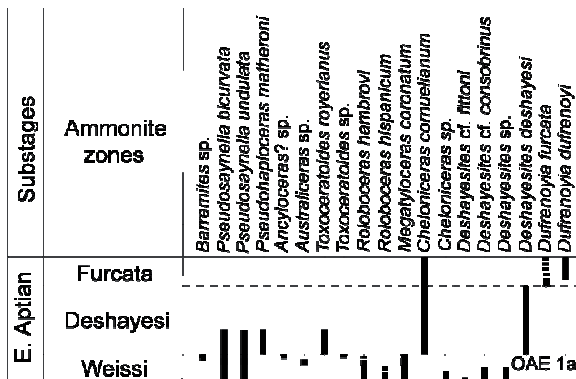


FIGURE 3. Ammonites range and position of the OAE 1a.

Apart from these three sections, the OAE 1a was also recognized in two other successions of the Maestrat Basin: Todolella section (Morella sub-basin) and Mola Murada section (Salzadella sub-basin). While the Todolella section does not present age-diagnostic ammonite fauna, the Mola Murada section confirmed the situation of the OAE 1a in the *Deshayesites weissi* biozone (*Roloboceras* and *Megatyloceras* species association; *Roloboceras hambrovi* Horizon).

CONCLUSIONS

Bulk $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ geochemical results for the three lower Aptian marine shallow-water sedimentary successions in the Maestrat Basin (E Iberian Chain) revealed isotopic patterns similar to the ones observed in other contemporary pelagic and shallow-water successions by Menegatti *et al.*, (1998), Vahrenkamp (1996), de Gea *et al.*, (2003), Burla *et al.*, (2008), among others.

The global carbon-isotope trends recognized allowed us to make a precise geochemical correlation between the three sections despite being measured in three different sub-basins of the Maestrat Basin.

The OAE 1a has been chemostratigraphically constrained in the resulting $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ curves by the interval ranging between the C-isotope segments C4 and C6 (Menegatti *et al.*, 1998).

As result of the high-resolution ammonite biostratigraphy the OAE1a interval is located in the *Roloboceras hambrovi* Horizon (*Deshayesites weissi* biozone).

ACKNOWLEDGMENTS

This study was been financially supported by the I+D+I research project: CGL2005-07445-CO3-01 and CSD 2006-0004 "Topo-Iberia", and by the Departament

d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons Social Europeu.

REFERENCES

- Burla, S., Heimhofer, U., Hochuli, P.A., Weissert, H. & Skelton, P. (2008): Changes in sedimentary patterns of coastal and deep-sea successions from the North Atlantic (Portugal) linked to the Early Cretaceous environmental change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 257: 38-57.
- de Gea, G.A., Castro, J.M., Aguado, R., Ruiz-Ortiz, P.A. & Company, M. (2003): Lower Aptian carbon isotope stratigraphy from a distal carbonate shelf setting: the Cau section, Prebetic zone, SE Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 200: 207-219.
- Embry, J.C. (2005): *Paléocéologie et architecture stratigraphique en haute résolution des plates-formes carbonatées du Barrémien-Aptien de la Néo-Téthys (Espagne, Suisse, Provence, Vercors) – impact respectif des différents facteurs de contrôle*. Ph.D thesis, Museum National d'Histoire Naturelle – Institut Français du Pétrole (Paris), 299 p.
- Ferreri, V., Weissert, H., D'Argenio, B. & Buonoconto, F.P. (1997): Carbon isotope stratigraphy: a tool for basin to carbonate platform correlation. *Terra Nova*, 9: 57-61.
- Larson, R.L. & Erba, E. (1999): Onset of the mid-Cretaceous greenhouse in the Barremian-Aptian: Igneous events and the biological, sedimentary, and geochemical responses. *Paleoceanography*, 14: 663-678.
- Leckie, R.M., Bralower, T.J. & Cashman, R. (2002): Oceanic anoxic events and plankton evolution: Biotic response to tectonic forcing during the mid-Cretaceous. *Paleoceanography*, 17(3), 1041, doi:10.1029/2001PA000623.
- Marshall, J.D. (1992): Climatic and oceanographic isotopic signals from the carbonate rock record and their preservation. *Geological Magazine*, 129: 143-160.
- Menegatti, A.P., Weissert, H., Brown, R.S., Tyson, R.V., Farrimond, P., Strasser, A. & Caron, M. (1998): High-resolution $\delta^{13}\text{C}$ stratigraphy through the early Aptian "Livello Selli" of the Alpine Tethys. *Paleoceanography*, 13: 530-545.
- Salas, R., Guimerà, J., Mas R., Martín-Closas, C., Meléndez, A. & Alonso, A. (2001): Evolution of the Mesozoic central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian chain). In P. A. Ziegler, W. Cavazza, A. H. F. Robertson and S. Crasquin-Soleau (eds.), Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins. *Mémoires du Museum National d'Histoire naturelle*, 186: 145-185.
- Vahrenkamp, V.C. (1996): Carbon isotope stratigraphy of the Upper Kharaib and Shuaiba Formations: Implications for the Early Cretaceous Evolution of the Arabian Gulf Region. *AAPG Bulletin*, 80: 647-662.

Bioestratigrafía del Aptiense del macizo del Garraf (NE de la Península Ibérica)

Aptian biostratigraphy of Garraf massif (NE Iberian Peninsula)

J.A. Moreno

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona. Martí i Franquès s/n, 08028, Barcelona, España.
j.a.moreno@ub.edu

ABSTRACT

Six aptian biozones have been recognized by studying the ammonite fauna of Garraf massif: *D. weissii*, *D. deshayesi*, *D. furcata*, *E. subnodosocostatum*, *P. melchioris* and *A. nolani*. The studied ammonoid record is until now the record with more defined biozones in the Iberian Peninsula.

Key words: aptian, biozones, ammonoids, Garraf.

Geogaceta, 41 (2007), 131-134
ISSN: 0213683X

Marco geológico

El macizo del Garraf se sitúa en el margen NE de la Península Ibérica, más concretamente en la Cadena Costero Catalana (Fig.1). Está formado principalmente por materiales de edad Jurásico superior-Cretácico inferior, que se disponen recubriendo un basamento paleozoico y triásico. Estos sedimentos se depositaron durante la etapa de rifting mesozoico. Durante el Aptiense la subsidencia tectónica se acentuó, a la vez que se produjo una transgresión marina, dando lugar a una sedimentación de facies marinas más profundas con registro de



Fig. 1.- Situación geográfica del macizo de Garraf en el NE de la Península Ibérica.

Fig. 1.- Geographical situation of Garraf massif in the NE of the Iberian Peninsula.

ammonoideos. Con posterioridad, durante la orogenia alpina, muchas de las estructuras distensivas del rifting se invirtieron, formándose la Cadena Costero Catalana. Finalmente, durante el Mioceno se produjo una fase distensiva, relacionada con la apertura del Golfo de Valencia.

Antecedentes

Los ammonoideos aptienses del macizo del Garraf son conocidos desde antiguo, Almera (1895), Kilian (1898). Estas faunas no fueron estudiadas nuevamente hasta Bataller (1962). Con posterioridad estos ammonoideos merecen la atención de Martínez *et al.* (1994) y Calzada *et al.* (1996). Moreno (2005) trata con detalle, de manera monográfica, los ammonoideos del macizo del Garraf.

Material y métodos

Se han estudiado los ammonoideos recolectados por el autor, depositados en la PUAB, Colección de paleontología de la Universitat Autònoma de Barcelona. También se han revisado los ammonoideos del macizo del Garraf de tres fondos museísticos: MGB, Museo de Geología de Barcelona; MGSB, Museo Geológico del Seminario de Barcelona; y MV, Museo de Vilafranca, Museo del Vi. Estos fon-

dos museísticos han permitido estudiar todos los ammonoideos que los diferentes autores citan del macizo

Aptiense	Superior	<i>H. jacobi</i>
		<i>A. nolani</i>
	Medio	<i>P. melchioris</i>
		<i>E. subnodosocostatum</i>
	Inferior	<i>D. furcata</i>
		<i>D. deshayesi</i>
<i>D. weissii</i>		
<i>D. oglalensis</i>		

Fig. 2.- Biozonación mediterránea de Hoedemaeker *et al.* (2003)

Fig. 2.- Mediterranean biozonation of Hoedemaeker et al. (2003)

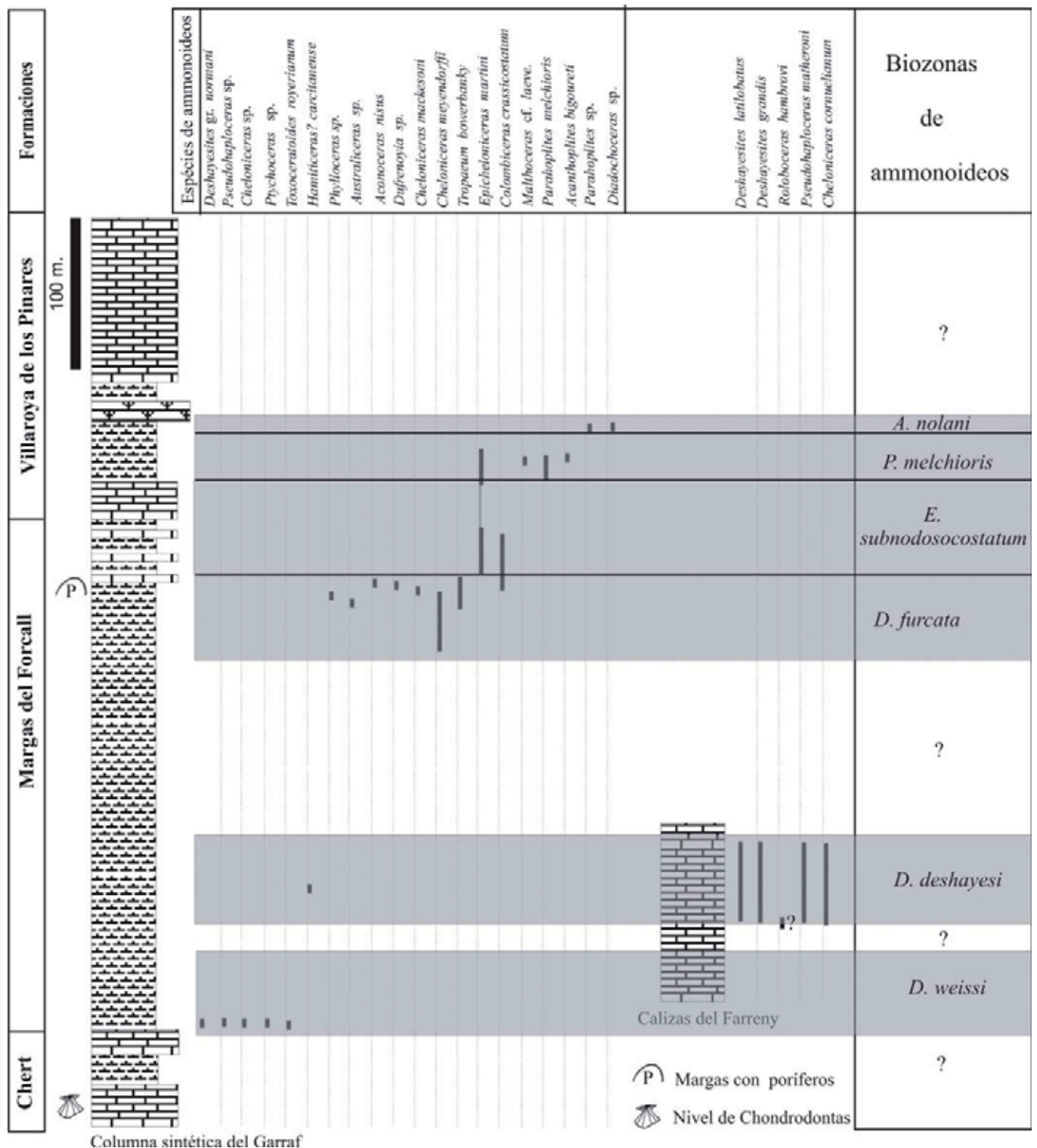


Fig. 3.- Distribución de los ammonoideos en la columnas sintéticas de: Mas Ricart, Pujol Florit, Can Casanyes y el Farreny.

Fig. 3.- Ammonoids distribution in the synthetic columns of: Mas Ricart, Can Casanyes, Pujol Florit and the Farreny.

del Garraf desde tiempos de Almera. Los ammonoideos recolectados por el autor han permitido resituar los ammonoideos de los fondos museísticos, con una cierta precisión, dentro de una columna sintética.

Estratigrafía

Los materiales aptienses del macizo del Garraf con ammonoideos corresponden a dos formaciones: una equivalente a la Formación Margas del Forcall (Canerot, 1982), y la otra es la forma-

ción Calizas del Farreny, definida informalmente por Moreno (2005). La primera es una unidad margosa que puede llegar a superar los 300 metros de potencia, cada vez más carbonatada hacia techo. En la parte alta de esta formación es destacable un nivel con profusión de

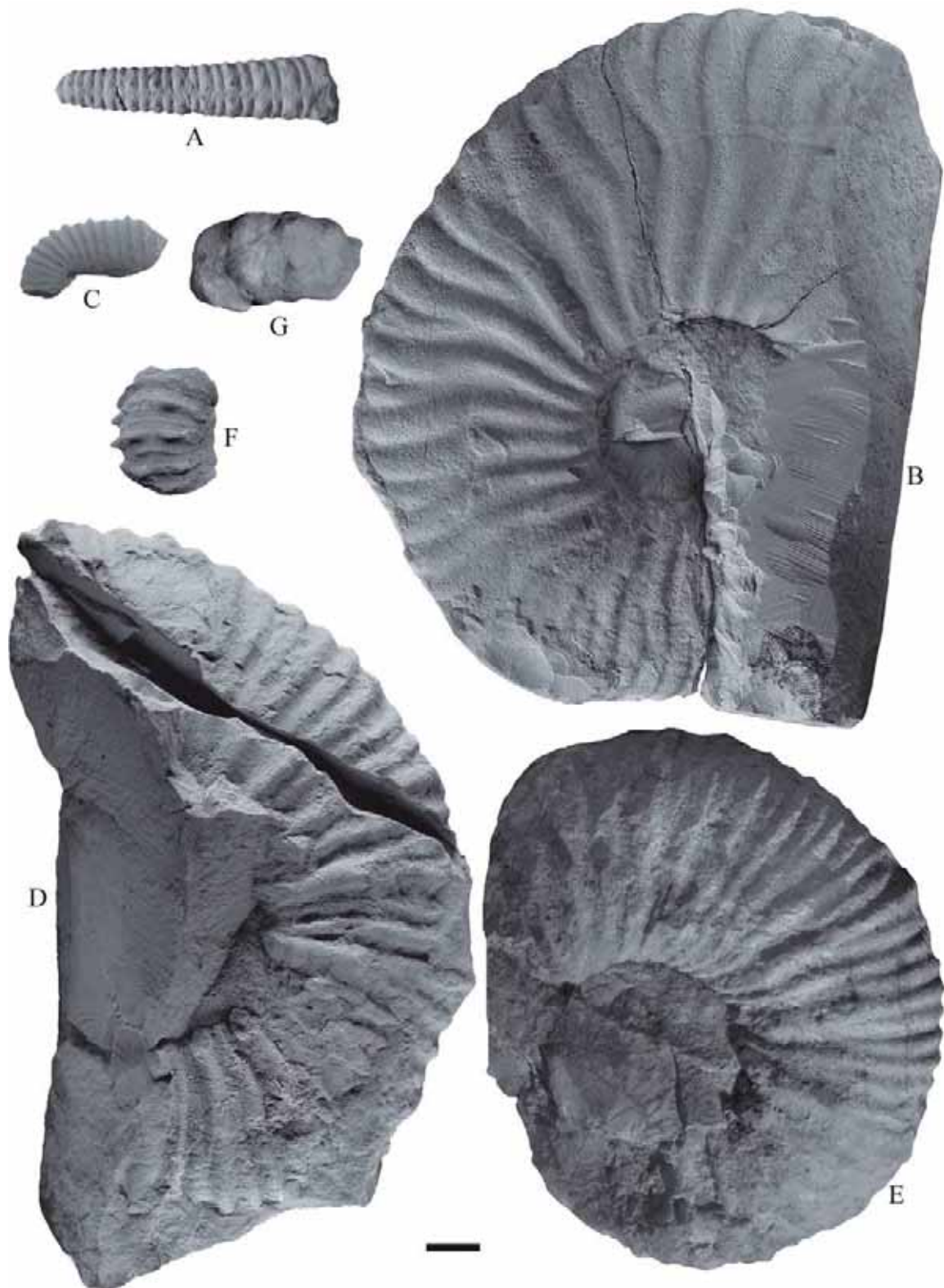


Fig. 4.-Ammonoideos del Garraf. Barra de escala: 1 cm. A: Vista ventral de *Toxoceratoides royerianum*, ejemplar PUAB 68460. B: Vista lateral de *Deshayesites latilobatus*, ejemplar PUAB 68310. C: Vista lateral de *Hamiticeras? carcitanense*, ejemplar MV 3850. D: Vista lateral de *Chelonicerias meyendorffi*, ejemplar PUAB 68354. E: Vista lateral de *Chelonicerias mackesoni*, ejemplar MGB 20538. F: Vista ventral de *Epicheloniceras martini*, ejemplar MV 3809. G: Vista ventral de *Diadochoceras* sp., ejemplar MGSB 6759.

Fig. 4.- Ammonoids of Garraf. Scale bar: 1 cm. A: Ventral view of *Toxoceratoides royerianum*, specimen PUAB 68460. B: Lateral view of *Deshayesites latilobatus*, specimen PUAB 68310. C: Lateral view of *Hamiticeras? carcitanense*, specimen MV 3850. D: Lateral view of *Chelonicerias meyendorffi*, specimen PUAB 68354. E: Lateral view of *Chelonicerias mackesoni*, specimen MGB 20538. F: Ventral view of *Epicheloniceras martini*, specimen MV 3809. G: Ventral view of *Diadochoceras* sp., specimen MGSB 6759.

poríferos. La Formación calizas del Farreny corresponden a un cambio lateral de facies del tramo basal margoso de la Formación Margas del Forcall; se trata de una serie monótona de *mudstones* grises con unos 130 metros de potencia.

Bioestratigrafía

Para el estudio de las faunas de ammonoideos del macizo del Garraf se utiliza la biozonación mediterránea de Hoedemaeker *et al.* (2003) (Fig. 2).

En la figura 3 se presenta la distribución de los ammonoideos reconocidos, situados en dos columnas sintéticas.

Los fondos museísticos y los ammonoideos recolectados han permitido identificar hasta seis Biozonas caracterizadas por las siguientes especies:

Biozona *Deshayesites weissi*:

Deshayesites gr. *normani* Casey, 1964 *Ptychoceras* sp.; *Toxoceratoides royerianum* (d'Orbigny, 1842) (Fig. 4 A) y *Chelonicerases* sp.

Biozona *Deshayesites deshayesi*:

Deshayesites grandis (Sapth, 1930), *Deshayesites latilobatus* Sinzow, 1909 (Fig. 4 B); *Chelonicerases cornuelianum* (d'Orbigny, 1841); *Pseudohaploceras matheroni* (d'Orbigny, 1840) y *Hamiticeras? carcitanense* (Matheron, 1878) (Fig. 4 C).

Biozona *Dufrenoyia furcata*:

Dufrenoyia sp.; *Australicerases* sp.; *Tropaeum bowerbanki* (Sowerby, 1837), *Phylloceras* sp.; *Chelonicerases meyendorffi* (d'Orbigny, 1845) (Fig. 4 D);

Chelonicerases mackesoni Casey, 1962 (Fig. 4 E); *Aconecerases nisis* (d'Orbigny, 1841) y *Colombicerases crassicosstatus* (d'Orbigny, 1841).

Biozona *Epicheloniceras*

subnodosocostatum: *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny, 1841) (Fig. 4 F), *Chelonicerases mackesoni*, junto con *Colombicerases crassicosstatus* y *Malthoceras* cf. *laeve* Renz, 1978.

Biozona *Parahoplites melchioris*:

Parahoplites melchioris Anthula, 1899, *Colombicerases crassicosstatus*; *Epicheloniceras martini* y *Acanthoplites bigoureti* (Seunes, 1887).

La parte basal de la **Biozona *Acanthoplites nolani***, Subzona *Diadochoceras nodosocostatum*: *Diadochoceras* sp. (Fig. 4 G) junto con otros fragmentos de *Parahoplites* sp.

Conclusiones

Se reconocen hasta seis biozonas de ammonoideos en el macizo del Garraf que incluyen gran parte del Aptiense inferior: (*D. weissi*, *D. deshayesi*, *D. furcata*), todo el Aptiense medio: (*E. subnodosocostatum*, *P. melchioris*) y la base del Aptiense superior: (*A. nolani*, subzona *D. nodosocostatum*).

Se trata del registro bioestratigráfico de ammonoideos más completo conocido del Aptiense de la Península Ibérica.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al «Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons social Europeu» y gracias al proyecto

de investigación CGL2005-07445-CO3-01/BTE. Agradecer también a los museos: MGB, MGSB y MV las facilidades ofrecidas en la consulta del material. Agradecer al Dr. Miquel Company su ayuda en el estudio sistemático de los ammonoideos y la lectura crítica del texto. Finalmente agradecer al Dr. Ricard Martínez y al Sr. Antoni Grauges su ayuda en el estudio sistemático de los ammonoideos.

Referencias

- Almera, J. (1895). *Bulletin de la Société Géologique du France*. 23, 564-571.
- Bataller, J. R. (1962). *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. 34, 177-211.
- Canerot, J. (1982). En: *El Cretácico de España*. (Coord. A. García). Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 273-344.
- Calzada, S., Campuzano, R. y Urquiola, M.M. (1996). *Batalleria*. 6: 63-66.
- Hoedemaeker, PH., Reboulet, S., Aguirre, M., Alsen, P., Aoutem, M., Atrops, F., Barragan, R., Company, M., Arreola, C., Klein, J., Lukeneder, A., Ploch, I., Raisossadat, N., Rawson, P., Ropolo, P., Vasicek, Z., Vermeulen, J. y Wippich, M. (2003). *Cretaceous Research* 24, 89-94.
- Kilian, W. (1898). *Bulletin de la Société Géologique du France*. 26, 825.
- Martínez, R., Graugés, A. y Salas, R. (1994). *Cuadernos de Geología Ibérica*. 18, 337-354.
- Moreno, J. A. (2005). *Estudio Bioestratigráfico del Aptiense del Macizo del Garraf (Cadena Costero Catalana)*. Trabajo final de Carrera. (Inédito). Universitat de Barcelona. 130 pp.

Actas del III Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología.
Almécija, S.; Casanovas-Vilar, I.; Furió, M.; Madurell, J.; Marmi, J.; Vila B. (eds), 2007, pp. 135-142

PRECISIONES SOBRE LA EDAD DE LA TRANSGRESIÓN APTIENSE INFERIOR EN EL NOR- DESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA MEDIANTE AMMONITES: DATOS PRELIMINARES

SOME PRECISIONS ON THE AGE OF THE EARLY APTIAN TRANSGRESSION IN THE NORTHEAST OF THE IBERIAN PENINSULA BY MEANS OF AMMONITES: PRE- LIMINARY RESULTS

Josep Anton Moreno Bedmar

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona. Martí i Franquès sn, 08028, Barcelona, España; j.a.moreno@ub.edu

Resumen - Se estudia la cronoestratigrafía de la transgresión del Aptiense Inferior, mediante el registro de ammonites, de tres áreas del NE de la Península Ibérica: Macizo del Garraf, Prepireneo de Lleida y la Cadena Ibérica. Esta transgresión se considera relacionada con un evento anóxico denominado OAE 1a. En las tres áreas estudiadas se identifica el registro de ammonites de la Biozona Weissi. Este suele ser escaso, probablemente, por limitarse a la parte más alta de esta biozona. El análisis integrado de los datos existentes y los obtenidos por el autor permite atribuir la base de las margas con ammonites, Fm. Margas del Forcall en la Subcuenca de Oliete y en la subcuenca de Tarragona-Garraf y la Fm. Margas de Cabó de la cuenca d'Organyà, a la parte alta de la Biozona Weissi que a su vez se corresponde a la superficie de máxima inundación (mfs).

Palabras Clave: Ammonites, transgresión Aptiense Inferior, evento anóxico OAE 1a, Biozona Weissi, superficie de máxima inundación.

Abstract - A chronostratigraphical study of the early Aptian transgression is carried out in three areas NE of the Iberian Peninsula (Garraf Massif, the Pre-Pyrenees area in Lleida and Iberian Range) on the base of the ammonite record. The studied interval is regarded as related to the anoxic event know as OAE 1a. The ammonite record of the Weissi Biozone is identified in the three studied areas. This record is scarce, probably because it is limited to the uppermost part of this Biozone. The integrated analysis of both existing and newly obtained data allows to attribute the base of the ammonitic marly unit, the Margas del Forcall Fm in the sub-basin of Oliete and in the sub-basin of the Tarragona-Garraf and the Margas de Cabó Fm of the basin d'Organyà, to the upper part of the Weissi Biozone. This stratigraphic interval also corresponds to the maximum flooding surface (mfs).

Key words: Ammonites, Lower Aptian transgression, OAE 1a anoxic event, Weissi Biozone, maximum flooding surface

Josep Anton Moreno

INTRODUCCIÓN

Durante el Aptiense Inferior se produce una transgresión significativa en el ámbito del Tetis. Esta transgresión está relacionada con un evento anóxico global conocido como OAE 1a. Un nivel genéticamente relacionado con el OAE 1a fue reconocido en varias localidades europeas y se denominó nivel Selli (1, 2, 3 entre otros).

En este trabajo se estudian tres áreas: el Macizo del Garraf (subcuenca de Tarragona-Garraf) situado en la Cadena Costero Catalana, cuenca de Organyà en el Prepirineo de Lleida y subcuenca de Oliete en la rama aragonesa de la Cadena Ibérica. Este estudio preliminar se realiza mediante la revisión de la colección de ammonites depositada en la PUAB (Col·leccions de Paleontologia de la Universitat Autònoma de Barcelona) y los ammonites recolectados por el autor, depositados también en dicha colección.

La transgresión aptiense inferior, que

en algunas localidades está asociada al OAE 1a, queda muy bien registrada en las tres áreas estudiadas donde se pasa rápidamente de facies someras marinas a facies marinas profundas con ammonites. Es justamente por este contraste de facies, que permite observar exactamente donde empieza la transgresión, que se han escogido estas tres áreas. Se estudian con detalle los ammonites de la parte más basal de las facies marinas profundas de las tres áreas y se datan cronoes-tratigráficamente estos materiales.

BIOZONACIÓN

En los trabajos de Martínez y colaboradores (4, 5) se empleó la biozonación boreal. En el presente trabajo se considera que para el estudio de los ammonites de la región mediterránea, durante el Aptiense, es mucho más adecuado el uso de la biozonación que les es específica, la Mediterránea; véase equivalencia entre la biozonación Boreal y Mediterránea (1),

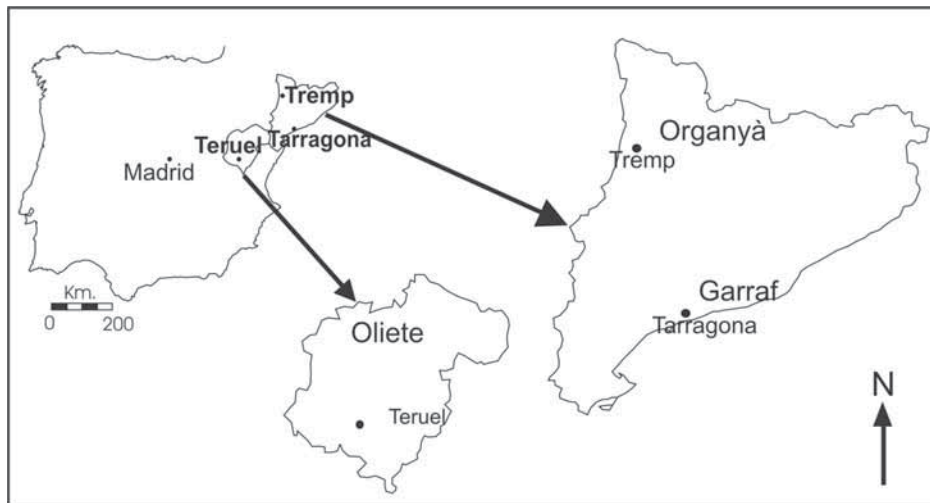


Figura 1: Situación de las tres áreas estudiadas: Oliete, Organyà y Garraf.

	Biozonación Mediterránea	Biozonación Boreal
Aptiense Inferior	D. Furcata	T. Bowerbanki
	D. Deshayesi	D. Deshayesi
	D. Weissi	D. Forbesi
	D. Oglalensis	D. Fissicostatus

Figura 2: Equivalencia entre la biozonación Mediterránea y la Boreal.

en la figura 2 se muestra dicha equivalencia en el Aptiense Inferior; se emplea pues la biozonación de (6) para la provincia Mediterránea.

EL MACIZO DEL GARRAF (SUBCUENCA DE TARRAGONA-GARRAF)

El Macizo del Garraf se sitúa en la Cadena Costero Catalana. Los materiales cretácicos sedimentaron durante la etapa de rifting mesozoica. Posteriormente, durante la orogenia alpina parte de las estructuras distensivas se invirtieron dando lugar a la Cadena Costero Catalana.

Esta área ha sido estudiada con detalle, de forma monográfica, por el autor del presente trabajo (7).

En el Garraf se ha reconocido la presencia de registro de la Biozona Weissi en los niveles más basales de las margas con ammonites (base de la Formación Margas del Forcall). Esta zona se halla representada por *Deshayesites gr. normani*

CASEY, 1964, *Deshayesites gr. weissi* NEUMAYR & UHLIG, 1883, *Toxoceratoides royerianus* D'ORBIGNY, 1841 y *Cheloniceras cornelianum* D'ORBIGNY, 1841.

CUENCA D'ORGANYÀ (PREPIRINEO DE LLEIDA)

El Prepirineo de Lleida se sitúa en las zonas externas del Pirineo. Los materiales cretácicos sedimentaron durante la etapa de rifting mesozoica. Posteriormente, la cuenca de Organyà fue invertida durante la compresión alpina y en su mayor parte quedó incorporada en la lámina cabalgante de Bóixols.

Martínez (4), que en su tesis doctoral estudió una asociación registrada de ammonites del Aptiense Inferior de la Formación de Margas de Cabó, cita para la Biozona Forbesi una única especie: *Deshayesites kiliani* SPATH, 1930 (Lám. 1, figura A).

En la revisión efectuada de las colecciones de la PUAB cabe añadir un ejemplar adulto de deshayesítido que se ha determinado como *Deshayesites cf. euglyphus* CASEY, 1964. *D. kiliani* y *D. euglyphus* permiten reconocer la Biozona Weissi.

SUBCUENCA DE OLIETE (CADENA IBÉRICA)

La subcuenca de Oliete está situada en el Norte de la provincia de Teruel, en la Rama Aragonesa de la Cadena Ibérica. La subcuenca de Oliete forma parte de una cuenca de rift con una paleogeografía muy compleja; por ello se divide en siete subcuencas o cubetas siendo la del Maestrat la más importante. Durante la orogenia alpina algunas de las estructu-

Josep Anton Moreno

ras del rift se invirtieron dando lugar a la actual Cadena Ibérica.

Dentro de la Formación margas del Forcall Sornay y Marín (8) estudiaron las asociaciones registradas de ammonites de este intervalo en esta área. En el trabajo de Martínez y colaboradores (5) se citan ammonites del Aptiense Inferior de esta área de la Biozona Forbesi: *Deshayesites spathi* CASEY, 1964 y *Deshayesites euglyphus* (Lám. 1, figura C).

Algunos ammonites de la subcuenca de Oliete están reelaborados, alrededor de un 1-2 % de los estudiados. Esto queda evidenciado en algunos ejemplares donde los organismos epifáunicos (ostreidos, anélidos...) se adhieren sobre el molde interno. Esta reelaboración es muy minoritaria en el registro estudiado. Asimismo los ejemplares reelaborados presentan una reelaboración incipiente sin evidencias de desgaste mecánico ni la presencia de bioerosión. Un ejemplar reelaborado se conserva en forma de molde interno *Entobia isp.* Ello nos induce a pensar que la reelaboración fue mínima, de lo contrario estos delicados fósiles se hubieran destruido durante la reelaboración. La gran mayoría de ammonites estudiados presentan profusión de organismos epifáunicos; esto se debe a que tras la muerte de los organismos las conchas quedaron expuestas antes de fosilizar y por lo tanto la tasa de sedimentación debió ser baja. Asimismo cabe destacar la presencia de óxidos de hierro en estos niveles con ammonites, hecho que se relaciona con esta tasa de sedimentación baja. Los organismos epifáunicos se presentan adheridos sobre las conchas de los ammonites y en ocasiones es posible reconocer como en el interior de la cámara habitación estaba repleta de formas epifáunicas que se

adherieron también a la concha. En la revisión que se ha efectuado del material procedente de esta área y teniendo presente los aspectos tafonómicos creemos que la fauna de ammonites es atribuible a la Biozona Weissi, parte media-alta, tratándose del registro de ammonites de esta Biozona más completo de las tres áreas estudiadas. Así pues a los dos ammonites atribuidos a esta Biozona cabe añadir *Pseudosaynella bicurvata* MICHELIN, 1838, *Pseudosaynella raresulcata* LEYMIERE, 1841, *Pseudosaynella undulada* SARASIN, 1893, *Deshayesites fittoni* CASEY, 1961 (Lám. 1, figura B) y una interesante fauna de ammonites formada por *Roloboceras* y *Megatyloceras* que actualmente se esta revisando. De la misma cabe citar de forma preliminar *Roloboceras annulatum* CASEY, 1961, *Roloboceras arnaudi* COQUAND, 1865, *Roloboceras hambrovi* FORBES, 1845, *Roloboceras hispanicum* SORNAY & MARIN, 1972 y *Megatyloceras coronatum* ROUCHADZE, 1933.

LA TRANSGRESIÓN APTIENSE INFERIOR

El registro de especies de ammonites de la Biozona Weissi, o su equivalente en la biozonación boreal: Biozona Forbesi, era ya conocido (4, 5) si bien su escasa representación era problemática. A su vez se desconocía qué relación tenía tal registro con la transgresión en el sentido de si registraba el inicio, el máximo transgresivo o el inicio de la regresión, entre otras posibilidades. En el presente trabajo se pone de manifiesto, la presencia de registro de la Biozona Weissi de forma puntual en el Macizo del Garraf y en el Prepirineo de Lleida pero bien representado en la subcuenca de Oliete.

El hecho que tal registro se halle mal representado en el Macizo del Garraf y en el Prepirineo de Lleida se debe, probablemente, a que sólo hay registro de la parte alta de la Biozona Weissi.

La base de las margas con ammonites registra, aproximadamente, la superficie de máxima inundación que se produjo en la parte alta de la Biozona Weissi, véase (9). Este momento estuvo asociado a una disminución de la tasa de sedimentación, hecho detectable por la colonización de organismos epifaunicos y precipitación de óxidos de hierro en las asociaciones registradas de ammonites de la base de las margas del Forcall de la Subcuenca de Oliete.

CONCLUSIONES

1. Se caracteriza la presencia de faunas de ammonites de la Biozona Weissi en tres áreas del NE de la Península Ibérica.
2. Las asociaciones registradas de ammonites de la base de las margas con ammonites, del Prepirineo de Lleida (Margas de Cabó) y del Macizo del Garraf (Margas del Forcall) se depositaron durante el máximo transgresivo (mfs) que se corresponde a la parte media-alta de la Biozona Weissi.
3. Las asociaciones registradas de ammonites de la subcuenca de Oliete presentan elementos reelaborados, siendo estos una mínima parte (1-2%). Los ammonites no reelaborados permiten atribuir esta asociación a la Biozona Weissi. El análisis tafonómico permite caracterizar un episodio con una tasa de sedimentación baja asociada posiblemente al mfs.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ricardo Martínez, de la Universitat Autònoma de Barcelona y al Dr. Guillermo Meléndez de la Universidad de Zaragoza por sus correcciones y comentarios que han ayudado a mejorar considerablemente el presente trabajo. Al Dr. Ramón Salas, de la Universitat de Barcelona, por la lectura crítica del texto. Al Sr. Antoni Grauges por sus comentarios y ayuda en el estudio de las faunas de ammonites. Al Dr. Miquel Company, de la Universidad de Granada, por la lectura crítica del texto. A la Dra. Esmeralda Caus, de la Universitat Autònoma de Barcelona, por sus comentarios sobre el registro del nivel Selli en el Prepirineo de Lleida. Este trabajo a sido posible gracias a las ayudas del "Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons social Europeu" y también del proyecto de investigación CGL2005-07445-CO3-01/BTE.

REFERENCIAS

- (1) ERBA, E. 1996 The Aptian Stage. *Bulletin de L'Institut Royal des sciences Naturelles de Belgique*, 66 sup. : 31-43.
- (2) BAUDIN, F., FIET, N., COCCIONI, R. y GALEOTTI, S. 1998. Organic matter characterisation of the Selli Level (Umbria-Marche Basin, central Italy). *Cretaceous Research*, 19: 701-714.
- (3) BELLANCA, A., ERBA, E., NERI, R., PREMOLI, I., SPROVIERI, M., TREMOLADA, F. y VERGA, D. 2002. Palaeoceanographic significance of the tethyan "Livello Selli" (Early Aptian) from the Hybla Formation, northwes-

Josep Anton Moreno

tern Sicily: biostratigraphy and high-resolution chemostratigraphic records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, 185: 175-196.

(4) MARTÍNEZ, R. 1982. *Ammonites cretácicos del Prepirineo de la provincia de Lleida*. Universidad Autónoma de Barcelona. Publicaciones de Geología, 17: 197 pp.

(5) MARTÍNEZ, R., GRAUGES, A. y SALAS, R., 1994. Distribución de los ammonites del Cretácico inferior de la Cordillera Costera Catalana e Ibérica Oriental. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 18: 337-354.

(6) HOEDEMAEKER, PH., REBOULET, S., AGUIRRE, M., ALSEN, P., AOUTEM, M., ATROPS, F., BARRAGAN, R., COMPANY, M., ARREOLA, C., KLEIN, J., LUKENEDER, A., PLOCH, I., RAISOSSADAT, N., RAWSON, P., ROPOLO, P., VASICEK, Z., VER-

MEULEN, J. y WIPPICH, M. 2003. Report on the 1st Internacional Workshop of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Lyon, 11 July 2002). *Cretaceous Research*, 24: 89-94.

(7) MORENO, J. A. 2005. *Estudio Bioestratigráfico del Aptiense del Macizo del Garraf (Cadena Costero Catalana)*. Trabajo final de Carrera. Universitat de Barcelona (Inédito). 130 pp.

(8) SORNAY, J. y MARIN, P. 1972. Sur la faune d'ammonites Aptiense de la tejería de Josa (Teruel, Espagne). *Annales de Paléontologie*, 68: 7-16.

(9) GRADSTEIN, F., OGG, J. y SMITH, A. 2004. *A Geologic Time scale*. Cambridge University Press. 589 pp.

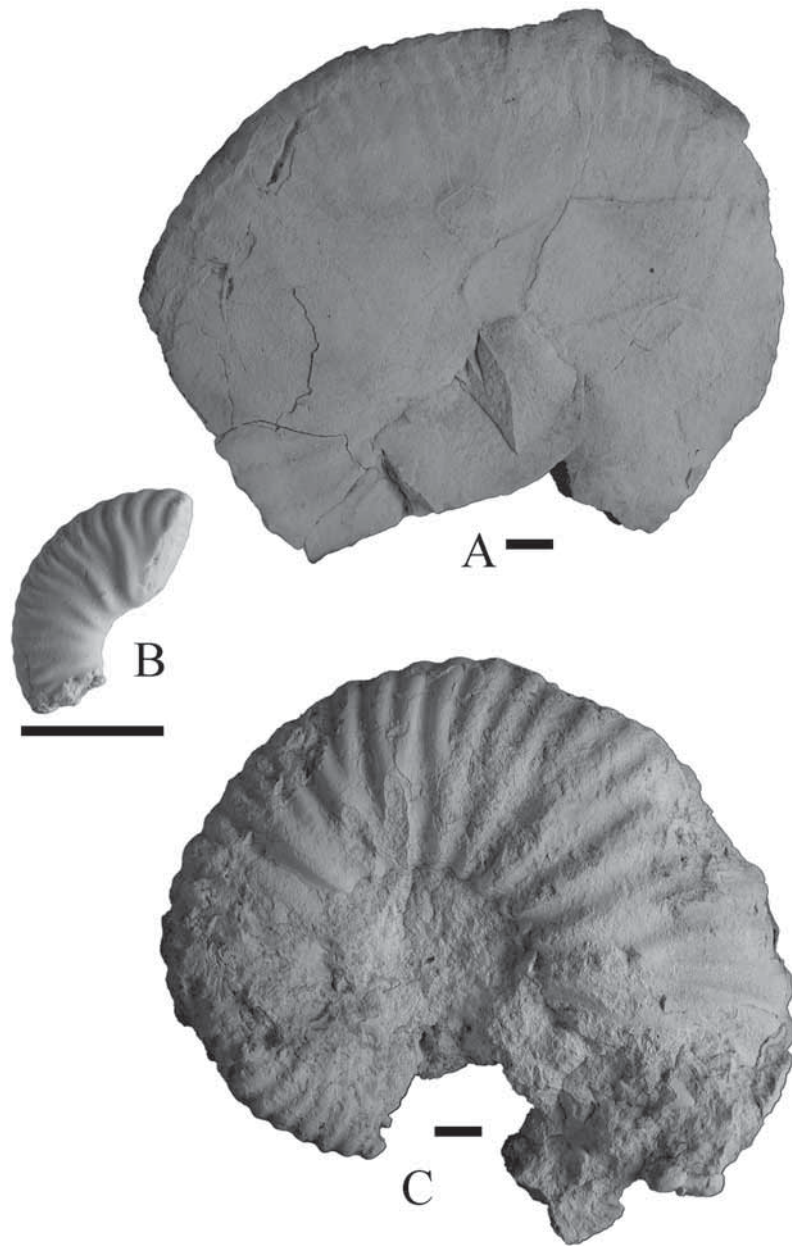
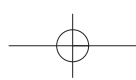


Lámina 1. A, *Deshayesites kiliani* SPATH, 1930 vista lateral del ejemplar PUAB 5345 procedente de Vilar-Pujal (cuena d'Organyà). B, *Deshayesites fittoni* CASEY, 1961 (x 3) vista lateral del ejemplar PUAB 48071 procedente de la Tejería de Josa (subcuena de Oliete). C, *Deshayesites euglyphus* CASEY, 1964 vista lateral del ejemplar PUAB 48071 procedente de la Tejería de Josa (subcuena de Oliete). PUAB: Colecciones de Paleontología de la Universidad Autònoma de Barcelona. Escala gràfica =10 mm.



***Deshayesites latilobatus* y *Deshayesites grandis* procedentes del macizo del Garraf (Barcelona). ¿“Especies” sinónimas de *D. deshayesi* ?**

Deshayesites latilobatus and *Deshayesites grandis* proceeding from the Garraf massif (Barcelona). *D. deshayesi* synonymous “species”?

Josep Anton Moreno Bedmar

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona.
Martí i Franquès sn, 08028, Barcelona, España, j.a.moreno@ub.edu

Resumen

Se estudian dos especies de ammonites (*Deshayesites latilobatus* (Sinzow, 1909) y *D. grandis* Spath, 1930) procedentes de la Biozona Deshayesi (Aptiense inferior) del Garraf. Su análisis taxonómico plantea la posibilidad de que ambas especies nominales no sean más que ejemplares adultos de la especie tipo *D. deshayesi* (Leymiere in d’Orbigny, 1841), de la que sólo se conocen individuos juveniles.

Palabras clave: *Deshayesites latilobatus*, *Deshayesites grandis*, Aptiense inferior, Garraf, *Deshayesites deshayesi*

Abstract

Two species of ammonoids (*Deshayesites latilobatus* (Sinzow, 1909) and *D. grandis* Spath, 1930) proceeding from the Deshayesi Biozone (Lower Aptian) of the Garraf are studied. Their taxonomic analysis poses the possibility that both nominal species are only adult specimens of the species type *D. deshayesi* (Leymiere in d’Orbigny, 1841), from which only juvenile individuals are known.

Keywords: *Deshayesites latilobatus*, *Deshayesites grandis*, Lower Aptian, Garraf, *Deshayesites deshayesi*

INTRODUCCIÓN

El macizo del Garraf se sitúa en el margen NE de la península Ibérica, más concretamente en la Cadena Costero-Catalana (Fig. 1). Está formado principalmente por materiales de edad Jurásico superior-Cretácico inferior, que se depositaron durante la etapa de rifting mesozoica recubriendo un basamento Paleozoico y Triásico. Durante el Aptiense la subsidencia tectónica se acentuó sedimentando unas facies marinas más profundas con registro de ammonites. Con posterioridad, durante

la orogenia alpina, muchas de las estructuras distensivas del rifting se invirtieron. Ello dio lugar a la Cadena Costero-Catalana. Seguidamente, durante el Mioceno, se produjo una fase distensiva tras la orogenia alpina, la cual está relacionada con la apertura del Golfo de Valencia.

En el presente trabajo se discuten dos especies de *Deshayesites* procedentes de la Biozona Deshayesi (Aptiense inferior) del Macizo del Garraf. Dentro de la Biozona Deshayesi han sido citadas más de una veintena de especies atribuidas al género *Deshayesites* lo que supone un número ciertamente elevado que, muy probablemente, este relacionado con un inadecuado tratamiento de la variabilidad intraespecífica y mala caracterización de la ontogenia en este grupo de ammonites. En concreto, se analiza la posibilidad de que *D. grandis* Spath, 1930 y *D. latilobatus* (Sinzow, 1909), especies basadas en ejemplares de gran tamaño, no sean más que formas adultas de *D. deshayesi* (Leymiere in d'Orbigny, 1841), del que sólo se conocen sus estadios juveniles e intermedios.

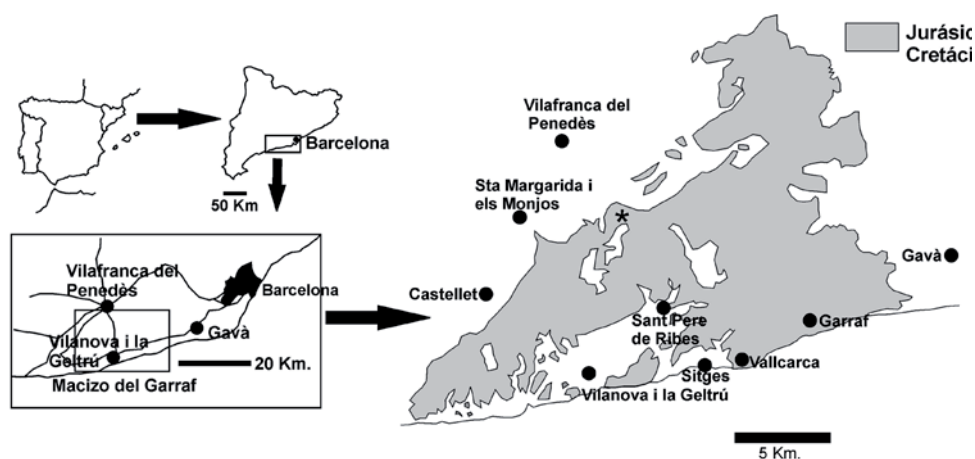


Figura 1. Situación geográfica del macizo del Garraf y de la localidad El Farreny *

ANTECEDENTES

Los ammonites aptienses del macizo del Garraf son conocidos desde antiguo. Ya Almera (1895) citó algunas especies, que posteriormente fueron estudiadas por Kilian (1898). Estas faunas de ammonites no fueron analizadas nuevamente hasta mucho después por Bataller (1962). Con posterioridad, merecieron la atención de Martínez, Grauges & Salas (1994) en un trabajo preliminar sobre los ammonites de una extensa área geográfica. Posteriormente Calzada et al. (1996) estudian algunas

especies de ammonites aptienses del Garraf. Recientemente, Moreno (2005) trata con detalle, de manera monográfica, los ammonites del macizo del Garraf y Moreno (2007) los ammonoideos de la Biozona Weissi del Garraf.

ESTRATIGRAFÍA

Los materiales aptienses del macizo del Garraf con ammonites se corresponden a dos formaciones la Formación margas del Forcall (Canérot et al. 1982) y la Formación Calizas del Farreny definida informalmente por Moreno (2005). La primera formación es una unidad margosa que puede llegar a superar los 200 metros de potencia y que, hacia techo, es cada vez más carbonatada. En la parte alta de esta formación es destacable un nivel con profusión de poríferos. A techo encontramos unos ciclos de somerización con margas con orbitolínidos, braquiópodos y otros invertebrados, como término profundo, y calizas con rudistas, miliolidos o, en ocasiones, con corales en el techo como término somero. Las calizas del Farreny son un cambio lateral de facies del tramo basal margoso de la Fm. Margas del Forcall. Se trata de una serie monótona de *mudstones* grises con una potencia de unos 130 metros; es de esta formación de donde proceden las dos especies que son objeto de estudio. De la Fm. Calizas del Farreny tan solo los 30-40 metros superiores presentan registro de ammonites.

BIOESTRATIGRAFIA

La Fm. Calizas del Farreny aparece en un único afloramiento en el Garraf de apenas 1 km. de extensión. La serie se encuentra bastante cubierta, se han recolectado ejemplares *in situ* y otros rodados. La presencia de ejemplares rodados no ofrece problemática alguna pues todos los Deshayesítidos recolectados en la Fm. Calizas del Farreny pertenecen a la Biozona Deshayesi.

La asociación de ammonites reconocida en la Fm. Calizas del Farreny está constituida por: *Deshayesites grandis* Spath, 1930, *Deshayesites latilobatus* (Sinzow, 1909); *Chelonicerias* cf. *cornelianum* (d’Orbigny, 1840) y *Pseudohaploceras matheroni* (d’Orbigny, 1840). Estos ammonites caracterizan la Biozona Deshayesi (parte alta del Aptiense inferior).

ANÁLISIS TAFONÓMICO

Relación relleno-matriz

En el presente trabajo se estudian doce ejemplares pertenecientes al género *Deshayesites* conservados en forma de moldes internos de micrita gris de la cámara

habitación y gran parte del fragmocono. El relleno se encuentra en continuidad litológica y estructural con la matriz tratándose de elementos resedimentados clasificables como conchas fragmentadas según la clasificación de Fernández-López & Suárez-Vega (1980).

Los ejemplares presentan un relleno micrítico homogéneo en la cámara de habitación y parcialmente en el fragmocono, manteniendo la forma y el volumen original. Estos caracteres son indicativos de unas condiciones de baja tasa de sedimentación y una cementación temprana.

Grado de fragmentación/dispersión

Los ejemplares estudiados son conchas fragmentadas que no conservan el peristoma y aunque algunos escasos ejemplares constituyen fragmoconos incompletos, predominan ejemplares con la cámara habitación parcialmente conservada. Ello nos indica que, aunque los restos pueden haber sido sometidos a una necrocinesis prolongada, pues la selección por tamaños es muy clara, la intensidad del proceso de resedimentación ha sido baja.

Distribución de tallas

Los doce ejemplares estudiados corresponden a individuos subadultos. El ejemplar PUAB 68.310, asignado a la especie *D. latilobatus* (Sinzow, 1909) muestra la cámara de habitación casi completa a un diámetro de 131 mm, presentando el fragmocono un diámetro de 85 mm sin que los últimos septos muestren aproximación visible. El resto de los ejemplares son fragmoconos incompletos o ejemplares que conservan parte de la cámara de habitación a diámetros superiores a los 120 mm. Los ejemplares adultos deberían presentar una aproximación septal a la vez que los caracteres que suelen presentar los adultos de la mayoría de especies pertenecientes al género *Deshayesites*: pérdida de las costillas secundarias, retracción de la vuelta, etc.

DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN

La asociación registrada fue originada por deriva necroplanctónica desde áreas probablemente poco alejadas. La falta total de epizoarios junto con la homogeneidad taxonómica y tafonómica del registro nos hace creer que la deriva no fue prolongada realizándose desde áreas próximas al lugar de registro (deriva regional).

La deriva necroplanctónica es de sumo interés, pues de las diversas asociaciones de *Deshayesites* que conocemos del Aptiense en la subcuenca de Galve predominan,

en unos casos, las formas adultas, y en otros las formas juveniles (m y M). Las primeras constituyen claramente poblaciones tafónicas de tipo 3 (Fernández-López 1995), con claras evidencias de aloctonía como la asociación estudiada en el Macizo del Garraf, mientras que las segundas podrían constituir poblaciones tafónicas de tipo 1, con evidencias de autoctonía y representando entidades paleobiológicas démicas (Fernández-López 1995). El comportamiento diferencial de las conchas de individuos juveniles y adultos durante la fase bioestratinómica y la consecuente fosilización y registro en áreas geográficas diferentes presenta una problemática taxonómica, que es objeto del presente trabajo: la adecuada caracterización ontogenética de algunas especies de ammonites. En este y otros casos en la literatura existen “especies” diferentes definidas con macroconchas, microconchas incluso mediante ejemplares juveniles, adultos o fragmoconos de lo que en realidad puede representar una única especie. Ello se debe a la mayor capacidad de deriva de las formas adultas respecto a las juveniles y la consecuente fosilización en áreas geográficas diferentes (Fernández-López 1995).

ABREVIATURAS Y CONVENCIONES

Colecciones

PUAB: Col·leccions de Paleontologia de la Universitat Autònoma de Barcelona.

GSM: Geological Survey Museum, London.

Medidas (en mm.)

D: Diámetro de la concha.

H: Altura de la vuelta.

E: Anchura de la vuelta.

O: Diámetro del ombligo.

SISTEMÁTICA

Superfamilia Deshayesitaceae Stoyanow, 1949

Familia Deshayesitidae Stoyanow, 1949

Subfamilia Deshayesitinae Stoyanow, 1949

Género Deshayesites Kazansky, 1914

Deshayesites latilobatus (Sinzow, 1909)

Lámina 1, figura A.

pars 1881 *Hoplites deshayesi*; Neumayr & Uhlig, p.49, lám. 45., fig.1; (non lám. 46, figs. 2-3)

1909 *Parahoplites latilobatus*; Sinzow, p. 3, lám. 1, figs. 7-8

1913 *Parahoplites latilobatus*; Sinzow, p. 106, lám. 5, fig.3.

1962 *Parahoplites consobrinus*; Bataller, p. 198, lám. 5, fig. 11 ; lám. 7, fig. 5.

1964 *Deshayesites latilobatus*; Casey p. 322, text-fig. 111.

1980 *Deshayesites latilobatus*; Casey p. 654, text-fig. 253.

non 1996 *Deshayesites latilobatus*; Avram p. 444; fig 4 D-F.

non 1999 *Deshayesites latilobatus*; Bogdanova *et al.* lám. 6 figs a-b.

2005 *Deshayesites deshayesi*; Moreno p. 85; lám. 6 figs. 4-5; lám. 7 figs. 1-4

Lectotipo: Seleccionado por Spath (1930, p.426) es el ejemplar figurado por de Neumayr & Uhlig (1881, lám. 45, Fig. 1). Procede del Aptiense inferior (Hils Sandstone) de Marie Quarry, cerca de Steinlah (Salzgitter), N. de Alemania (Fig. 2).

Material: diez ejemplares en forma de moldes internos calcáreos procedentes del Farreny: PUAB 68307, PUAB 68310, PUAB 68313, PUAB 68314, PUAB 68315, PUAB 68325, PUAB 68334, PUAB 68335, PUAB 68391 y PUAB 68394.

Dimensiones:

Colección nº	D	H (H/D)	E (E/D)	O (O/D)	E/H
PUAB 68310	122	54,5 (0,45)	26 (0,21)	32 (0,26)	0,48
PUAB 68313	112	49 (0,44)	24 (0,21)	32 (0,28)	0,49

Descripción: Concha comprimida y evoluta con la sección de la vuelta ovalada alta. Flancos casi planos con una pared umbilical redondeada. La costulación está constituida por costillas primarias y secundarias bastante anchas. Las costillas primarias nacen de la zona umbilical presentando una flexión en la zona media del flanco; en esta zona y en el tercio superior del flanco se bifurcan o intercalan las costillas secundarias.

Distribución geográfica: Aptiense inferior de Alemania, España (Garraf, Farreny) y Reino Unido.

Distribución cronoestratigráfica: Biozona Deshayesi.

Lámina 1

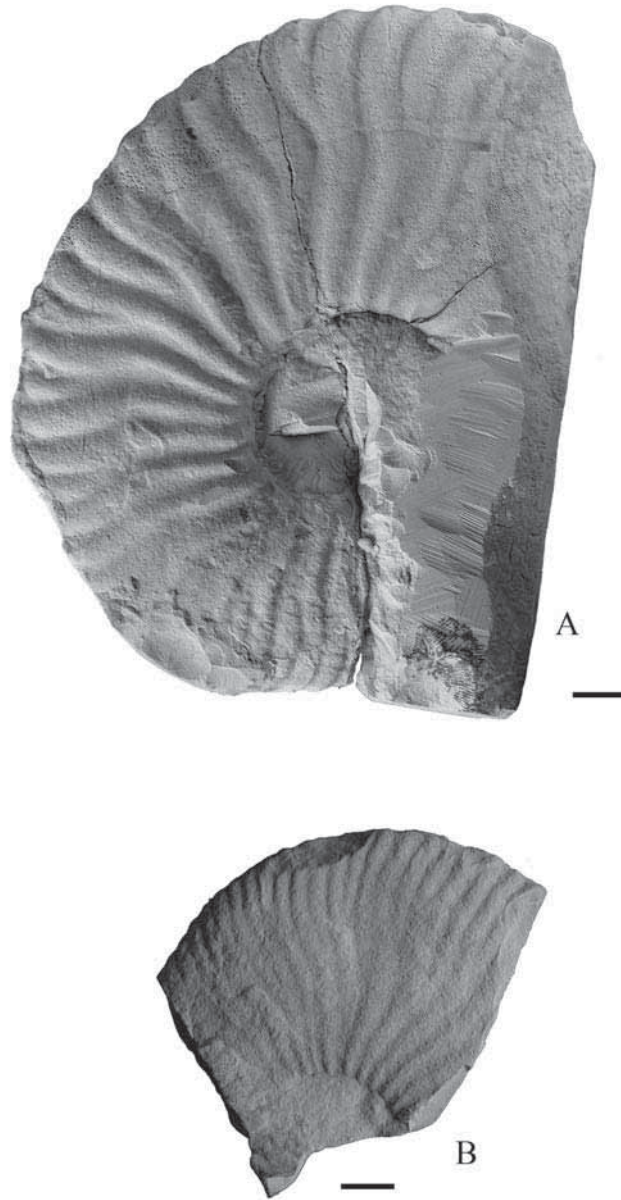


Lámina 1. Figura A vista lateral de *Deshayesites latilobatus* (Sinzow, 1909) ejemplar PUAB 68310. Figura B vista lateral de *Deshayesites grandis* Spath, 1930 ejemplar PUAB 68393. Escala gráfica: 10 mm.

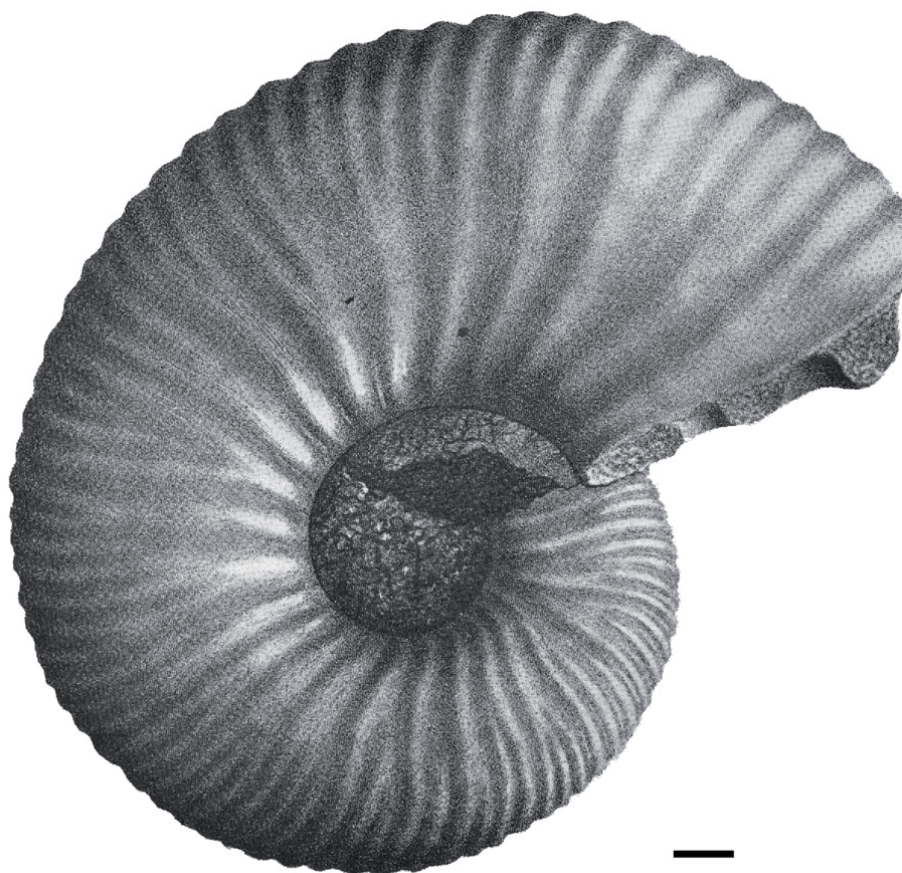


Figura 2. Holotipo de *Deshayesites latilobatus* reproducido de Neumayr & Uhlig (1881) lám. 45. Escala gráfica: 10 mm.

***Deshayesites grandis* Spath, 1930**

Lámina 1, figura B.

- pars 1930 *Deshayesites grandis*, Spath, p. 427, lám. 17, figs. 2a-b (non fig. 1).
1964 *Deshayesites grandis*; Casey, p. 308, lám. 43, fig. 1 a-b; lám. 44, figs. 1-3; lám. 51, figs. 7 a-b; text-fig. 110 c.
2005 *Deshayesites grandis*; Dutour, p. 181, lám. 29, figs. 5-9.
2006 *Paradeshayesites grandis*; Ropolo *et al.*, p. 15, lám. 10, figs. 3, 5; lám. 11, fig. 1.
- Holotipo:** Ejemplar GSM 2300, figurado por Spath (1930, lám. 17, fig. 2). Procede del Lower Greensand de Hythe, Kent. Grupo 5 de Atherfield (F. W. Simms Coll.) (Fig. 3).

Material: un ejemplar en forma de molde interno calcáreo procedente del Farreny: PUAB 68393.

Descripción: Concha comprimida y evoluta con la sección de la vuelta ovalada alta. Flancos casi planos con una pared umbilical redondeada. La costulación está constituida por costillas primarias y secundarias bastante estrechas. La densidad de costulación es elevada. Las costillas primarias nacen de la zona umbilical presentando una flexión de la zona media del flanco, del tercio superior del flanco donde se bifurcan o intercalan las costillas secundarias. En la zona media del flanco las costillas se atenúan.

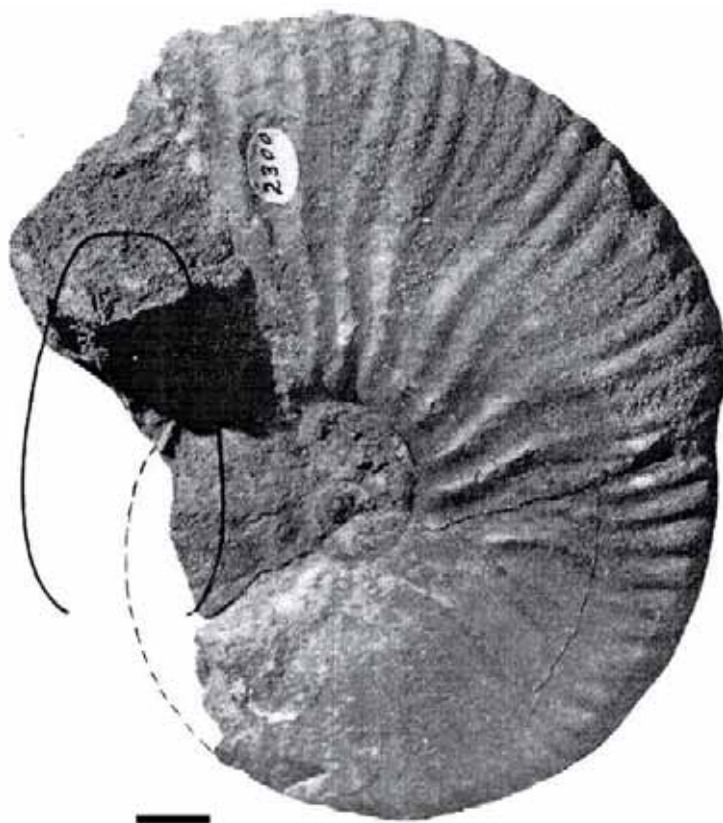


Figura 3. Holotipo: GSM 2300 refigurado de (Spath 1930). Escala gráfica: 10 mm.

Discusión: La diferencia entre *D. latilobatus* (Sinzow, 1909) y *D. grandis* Spath, 1930 estriba esencialmente en la densidad de costulación, carácter que puede variar considerablemente dentro de una misma especie. Hay que comentar que no se conocen apenas las formas juveniles de estas dos especies y que, en los pocos casos en que se han figurado, son muy similares a *Deshayesites*

deshayesi (Leymiere in d'Orbigny, 1841).

De la especie tipo del género *Deshayesites* hay que destacar que a su vez no se conocen sus formas adultas y que curiosamente Neumayr & Uhlig (1881) figuraron como adulto de esta especie un ejemplar que después se convertiría en el tipo de *D. latilobatus* (Sinzow, 1909). Hay que añadir que existe un ejemplar procedente del Farreny PUAB 68424 de unos 2,5 cm. de diámetro determinable como *Deshayesites* cf. *deshayesi* (Leymiere in d'Orbigny, 1841).

Spath, 1930 opina que *D. latilobatus* (Sinzow, 1909) y *D. grandis* Spath, 1930 eran formas muy afines interpretando que *D. latilobatus* (Sinzow, 1909) era una especie ligeramente anterior a *D. grandis* Spath, 1930. El ejemplar que figura Casey (1980) procedente del Reino Unido se atribuye justamente a la Biozona *Deshayesi*, Subzona *Parinodum* mientras que *D. grandis* Spath, 1930 da nombre a la Subzona suprayacente de la Biozona *Deshayesi*. Creemos que hay que ser crítico con estas apreciaciones bioestratigráficas debido a que en el Reino Unido se conocen tan solo dos ejemplares de *D. latilobatus* (Sinzow, 1909) y el hecho que en el Garraf estas dos especies aparecen juntas.

En el presente trabajo no poseemos suficiente material para estudiar con detalle estas posibles sinonimias, por lo que únicamente planteamos la posibilidad de que *D. latilobatus* (Sinzow, 1909) y *D. grandis* Spath, 1930 sean en realidad formas adultas de la especie *D. deshayesi* (Leymiere in d'Orbigny, 1841). Esperamos que el estudio del aptiense ibérico, que se está realizando en la actualidad, proporcione unas circunstancias más adecuadas para retomar esta problemática.

Distribución geográfica: Aptiense inferior del Reino Unido, España (Garraf, Farreny) y Francia.

Distribución cronestratigráfica: Biozona *Deshayesi*

CONCLUSIONES

Se pone de manifiesto que las especies nominales *D. latilobatus* (Sinzow, 1909) y *D. grandis* Spath, 1930 posiblemente sean sinónimas de *D. deshayesi* (Leymiere in d'Orbigny, 1841), correspondiendo a formas adultas de esta última especie.

Sería necesario disponer de muchos más ejemplares para seguir avanzando en el conocimiento ontogenético y sobre la variabilidad de la especie *D. deshayesi* (Leymiere in d'Orbigny, 1841).

AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Dr. Miquel Company la lectura crítica del texto. Agradecer al Dr. Guillermo Meléndez su inestimable ayuda en la realización del análisis tafonómico.

Este trabajo ha sido posible gracias al “Departament d’Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons social Europeu” y gracias al proyecto de investigación CGL2005-07445-CO3-01/BTE.

REFERENCIAS

- Almera, J. 1895. Etude stratigraphique du massif crétacé du littoral de la province de Barcelona. *Bulletín de la Société Géologique du France*, 23, 564-571.
- Bataller, J. R. 1962. Los cefalópodos del Macizo Cretácico de Garraf (Barcelona). *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 34, 177-211.
- Calzada, S.; Campuzano, R. & Urquiola, M^a. M. (1996): Nueva cita de cefalópodos en el Macizo de Garraf. *Batalleria*, 6, 63-66.
- Canérot, J., Cugny, P., Pardo, G., Salas, R. y Villena, J., 1982.- Ibérica Central-Maestrazgo. En: *El Cretácico de España*, Universidad Complutense. Madrid, 273-344.
- Fernández-López, S. 1995. Taphonomie et interprétation des paléoenvironnements. In M. Gayet & B. Courtinat (eds.): First European Palaeontological Congress, Lyon 1993. *Geobios*, M.S. 18, 137-154.
- Fernández-López, S. 1980. Estudio bioestratigráfico (Ammonoidea) de materiales aalienses en Ribarroja (Valencia). *Estudios Geológicos*, 35 (1979) 1980: 415-423.
- Kilian, W. 1898. Sur les céphalopodes du Crétacé inférieur des environs de Barcelona. *Bulletín de la Société Géologique du France*, 26, 825.
- Martínez, R., Graugés, A. & Salas, R., 1994. Distribución de los ammonites del Cretácico inferior de la Cordillera Costera Catalana e Ibérica Oriental. *Cuadernos de geología ibérica*, 18, 337-354.
- Moreno, J. A. 2005. *Estudio Bioestratigráfico del Aptiense del Macizo del Garraf (Cadena Costero Catalana)*. Trabajo final de Carrera. Universitat de Barcelona. 130 pp. Inédito.
- Moreno, J. A. 2007. Precisiones sobre la edad de la transgresión aptiense inferior en el Nordeste de la península Ibérica mediante ammonites: datos preliminares. *Actas del III Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*, 135-142.

- Neumayr, M. & Uhlig, V. 1881. Ueber Ammonitiden aus den Hilsbildungen Norddeutschlands. *Palaeontographica*, 27, 129-203 (1-75).
- Spath, L. F. 1930. On some ammonoidea from the Lower Greensand. *Annals and Magazine of Natural History* (series 10) 5, 417-464.

BIOSTRATIGRAFIA DE LOS AMONITES DE CAN CASANYES. MACIZO DE GARRAF (BARCELONA, ESPAÑA)

Moreno-Bedmar, J. A.¹, Ramírez, L.², Company, M.³, Delanoy, G.⁴, Bover-Arnal, T.⁵, Bulot, L-G.⁶, Latil, J-L.⁷, Salas, R.¹

1: Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona. Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona. j.a.moreno@ub.edu, ramonsalas@ub.edu.

2: Carrer Jardí, 50-52 2º 3ª, Hospitalet de Llobregat. 08905, Barcelona. laurarv83@hotmail.com.

3: Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Avenida Fuentenueva s/n, 18002 Granada. mcompany@ugr.es.

4: Département des Sciences de la Terre, Université de Nice-Sophia Antipolis 28 Avenue Valrose F-06100 (Nice, Francia).

5: Abteilung Geologie, Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Universität Bayreuth, Universitätsstr. 30, D-95440, Bayreuth, Germany. Telm.Bover@uni-bayreuth.de

6: FRE CNRS 2761, Géologie des Systèmes Carbonatés, Université de Provence, F-13331 Marseille Cedex, France. LucGBulot@aol.com.

7: Le Maupas, F-05300 Lazer, France. g.r.e.g.b@wanadoo.fr

RESUMEN

Se estudia detalladamente, por vez primera, la sección de Can Casanyes, Macizo del Garraf, de edad Aptiense inferior-medio. Se han reconocido ocho especies de ammonoideos. Estas especies se han analizado, des de un punto de vista bioestratigráfico, reconociéndose la biozona Dufrenoyia furcata, subzona Cheloniceras meyndorffii, parte alta del Aptiense inferior, y la biozona Epicheloniceras martini, parte baja del Aptiense medio.

PALABRAS CLAVE

Paleontología, Cretácico, Aptiense inferior y medio, Cefalopoda, Zonas de Dufrenoyia furcata y Epicheloniceras martini, Macizo de Garraf (NE de España), Fauna Tethysiana

ABSTRACT

The Lower-Middle Aptian Can Casanyes section located in the Garraf Massif, for the first time has been studied in detail. Eight species of ammonoids were recognized. The biostratigraphic analysis of these specimens has permitted the identification of the Dufrenoyia furcata zone and the Cheloniceras meyndorffii subzone that correspond to the uppermost Lower Aptian, and the Epicheloniceras martini zone, which is lowermost Middle Aptian in age.

KEY WORDS

Paleontology, Cretaceous, Lower-middle Aptian, Cephalopoda, Dufrenoyia furcata and Epicheloniceras martini zones, Garraf massif (NE Spain), Tethyan fauna

INTRODUCCIÓN

Can Casanyes es una localidad clásica del Aptiense del Macizo del Garraf, desde Almera (1900) que citó esta localidad como Pujol Florit. Can Casanyes es especialmente conocida por su registro de poríferos, que fueron objeto de estudio en la tesis de Lagneau-Herenguer (1962) y ammonoideos Martínez *et al.* (1994), Moreno (2005, inédito), Moreno (2007a) y García *et al.* (2007). En el presente trabajo se estudia, detalladamente y por vez primera, la sección de Can Casanyes realizando un estudio bioestratigráfico de detalle mediante ammonites.

Hace algunos años se practicaron desmontes y otros

trabajos de movimientos de tierras con el fin de plantar nuevos viñedos que ampliaron los afloramientos existentes. Esta circunstancia nos ha permitido estudiar con mayor detalle la sección de Can Casanyes.

MARCO GEOLÓGICO

El macizo del Garraf está situado en la Cadena Costero Catalana, NE de la Península Ibérica (Fig.1). Está formado principalmente por materiales de edad Jurásico superior-Cretácico inferior que se disponen en discordancia sobre el Triásico. Estos materiales están constituidos principalmente por dolomías, calizas y margas y se depositaron durante la segunda etapa de *rifting*

(Jurásico superior-Cretácico inferior) que afectó a Iberia durante el Mesozoico (Salas *et al.* 2001). La elevada tasa de subsidencia registrada en el Macizo del Garraf durante el Aptiense dió lugar a la sedimentación de una potente sucesión carbonatada que puede ser dividida en cinco unidades litoestratigráficas: la Unidad margas y calizas del Morro de Gos, la Formación Calizas de Xert, la Unidad Margas de Vallcarca, la Unidad Calizas del Farreny y la Unidad Calizas de Pujol Florit (Fig. 2).

La Unidad margas y calizas del Morro de Gos es una unidad informal de nueva creación, de unos 20 metros de potencia, que está caracterizada por margas y calizas depositadas en medios continentales y transicionales. Esta Unidad se apoya sobre la Formación calizas y margas de les Artoles de edad Barremiense; recientemente Albrich *et al.* (2006) estudian la Fm. Artoles en el Garraf. La Unidad Morro de Gos presenta registro de carófitas en diversas secciones. En la sección del Morro de Gos (Sitges) se ha estudiado dicho registro que se atribuye a la biozona *A. cruciata/P. paucibracteatus* (Barremiense superior-Aptiense inferior) de la biozonación de Martín-Closas *et al.* in press. (2008). Esta unidad continental podría ser equivalente a la Fm. Arcillas de Morella presente en la cuenca del Maestrat (Fig. 2). La edad de estas dos unidades se podría corresponder con la parte baja del Aptiense inferior, biozona de ammonites *Deshayesites ogranlensis*. Salas *et al.* (2005) correlaciona la Fm. Arcillas de Morella con la anomalía magnética MOR de edad Aptiense inferior basal.

Recientemente López (2007) cita la presencia de *Imerites giraudi giraudi* (Kilian, 1888) en la Formación Arcillas de Morella. En nuestra opinión, el ejemplar así determinado no es atribuible al género *Imerites*. El ammonoideo estudiado por López (2007) es muy fragmentario siendo difícilmente determinable, incluso a nivel genérico. En nuestra opinión hay dos posibles determinaciones *Argevithites* sp. o *Kutatissites* sp. La distribución de *Argevithites* sp. es Barremiense superior terminal y la de *Kutatissites* sp. Barremiense superior terminal-Aptiense inferior basal. El ammonoideo estudiado por López (2007) permite atribuir la Fm. Arcillas de Morella al intervalo Barremiense superior terminal-Aptiense inferior basal. Creemos que la Formación Arcillas de Morella y la Unidad del Morro de Gos son probablemente coetáneas, y ambas corresponderían a depósitos de nivel del mar bajo, evento que se registró en todo el Tethys durante el Aptiense inferior basal.

A esta unidad le sucede la Formación Margas y Calizas de Xert, de unos 80 metros de potencia, que presenta facies marinas someras con abundantes requiéndidos junto con niveles mono-específicos de *Chondrodonta* sp. Esta Formación definida en la cuenca del Maestrat tendría una edad Aptiense inferior y se podría corresponder con la parte media-alta de la biozona de ammonites *Deshayesites ogranlensis*.

Por encima de la Formación Xert, se dispone la Unidad Margas de Vallcarca, unidad informal de nueva

creación, de hasta 250 metros de potencia, representada por facies marinas más profundas con registro de ammonites. Este registro de ammonoideos fué estudiado por Moreno (2007a) y actualmente está siendo revisado en base al esquema bioestratigráfico estándar de Reboulet *et al.* (2006).

Esta Unidad presenta registro de ammonites de las biozonas *Deshayesites weissi*, *Deshayesites deshaysi* y *Dufrenoyia furcata* del Aptiense inferior, las biozonas *Epicheloniceras martini* y *Parahoplites melchioris* del Aptiense medio y la parte baja de la biozona *Acanthohoplites nolani* del Aptiense superior. La Unidad Margas de Vallcarca se puede correlacionar con las siguientes unidades litoestratigráficas definidas en la cuenca del Maestrat: Fm. Margas del Forcall, Fm. Calizas de Villaroya de los Pinares y la parte baja-media de las Fm. Calizas de Benassal (Fig. 2).

Esta unidad también podría equivaler en parte, a la Formación Almadich de edad Barremiense superior-Aptiense superior basal definida por Castro (1998) en el prebético alicantino. Así mismo la Unidad Margas de Vallcarca es equivalente al tramo margoso de la serie de Canyelles de Canérot y Calzada (1973).

Entre la parte alta de la biozona *Dufrenoyia furcata* y la parte basal de la biozona *Epicheloniceras martini* se halla un tramo de margas con poríferos, estudiados en su tesis por Lagneau-Herenguer (1962). Dicho tramo es esencialmente el objeto de estudio en la sección de Can Casanyes, y podría equivaler a la parte alta de la Formación Margas del Forcall, de algunas localidades, y a la parte baja-media de la Formación Calizas de Villaroya de los Pinares (Fig. 2).

En la parte alta de las Margas del Forcall (parte alta de la biozona *Dufrenoyia furcata*) de la sección de la Mola Murada (Xert, Castelló de la Plana), aparecen unos niveles calizos blancos, con textura *mudstone*, que presentan una gran abundancia de espículas de esponjas. Estos materiales podrían equivaler al primer nivel con poríferos de la sección de Can Casanyes, tramo 2 descrito en el presente trabajo. La parte baja-media de la Unidad Margas de Vallcarca correspondiente con las biozonas *Deshayesites weissi*, *Deshayesites deshaysi*, y *Dufrenoyia furcata* pasan lateralmente a la Unidad Calizas del Farreny (Fig. 2), de hasta unos 120 metros de potencia, fue definida informalmente por Moreno (2005, inédito). Esta unidad aparece únicamente en la Sierra del Papiol, término municipal de Olèrdola. En la parte alta de esta unidad aparecen unos niveles con poríferos que quizás equivalgan al nivel de margas poríferos de la Unidad Margas de Vallcarca. Tan sólo Calzada (1974) trató con detalle la Sierra del Papiol en su tesis doctoral. Recientemente Moreno-Bedmar & García (2009) estudian detalladamente la Unidad Calizas del Farreny.

Por encima de la U. Margas de Vallcarca se encuentra la Unidad Calizas de Pujol Florit, unidad informal de nueva creación, de hasta 110 metros de potencia, con corales, rudistas y orbitolínidos. En la parte baja de esta

unidad tiene uno de sus mejores afloramientos en la localidad de Casa Alta, por encima de estos niveles hay unas margas con orbitolínidos. Estas margas presentan una extraordinaria profusión de estos foraminíferos, que en el Macizo del Garraf han dado lugar al topónimo popular "lenties". Esta unidad podría equivaler a la parte alta de la Formación Benassal de la cuenca del Maestrat (Fig. 2). También podría ser equivalente a las calizas de facies urgonianas que coronan la serie de Canyelles, situadas en el techo de la serie de Canyelles y en la base de la serie de Marmellà de Canérot y Calzada (1973).

Por encima de esta Unidad no han sido encontrados más materiales en el Garraf, pero en área adyacente del Montmell se encuentra también la Unidad Calizas de Pujol Florit y por encima aparece la Formación Arcillas rojas y Calcarenitas de Orbitolinas del Montmell que fue definida por Robles (1982). Martínez *et al.* (1994) estudiaron los ammonites de la Fm. Montmell atribuyéndolos a la Biozona *Douvilleiceras mammillatum*, segunda biozona del Albiense inferior. Actualmente estos ammonites están siendo revisados y en nuestra opinión son atribuibles a la biozona *Leymeriella tardefurcata*, primera biozona del Albiense inferior. Los ammonites de la Fm. Montmell presentan una asociación muy similar a la estudiada por Moreno-Bedmar *et al.* (2008) en la base de la Formación Escucha en Castelló de la Plana, cuenca del Maestrat. Estas asociaciones de la biozona *Leymeriella tardefurcata* están constituidas por especies de engonocerátidos, atribuibles al género *Parengonoceras*

(=*Platknemiceras*), algún douvillecerátido primitivo y las últimas especies de "*Hypacanthoplites*" que desaparecerán en la parte alta de dicha biozona, no estando presente en la biozona suprayacente *Douvilleiceras mammillatum*. La Formación Montmell equivale a los materiales marinos de la parte baja de la Fm. Escucha (Fig. 2), al menos en su parte más basal pues en la Formación Escucha de la cuenca del Maestrat se han caracterizado las dos biozonas de ammonites del Albiense inferior *Leymeriella tardefurcata* y *Douvilleiceras mammillatum*, (Martínez *et al.* 1994 y Moreno-Bedmar *et al.* 2008). En la Fm. Montmell, hasta el presente, sólo ha sido posible caracterizar la primera biozona del Albiense inferior, *Leymeriella tardefurcata* identificándose de manera preliminar: *Parengonoceras bassei* (Bataller, 1955), "*Hypacanthoplites*" sp.1 y "*Hypacanthoplites*" sp.2.

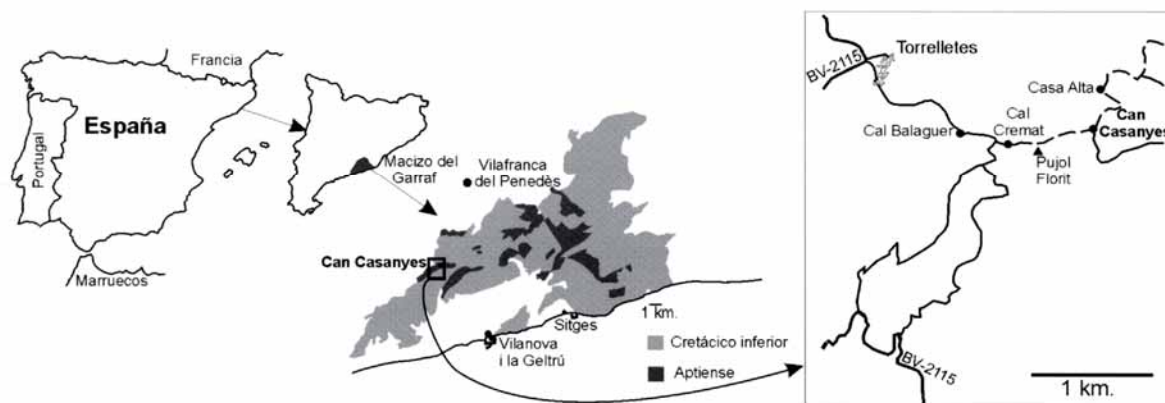


Figura 1. Situación del Macizo del Garraf y de Can Casanyes.

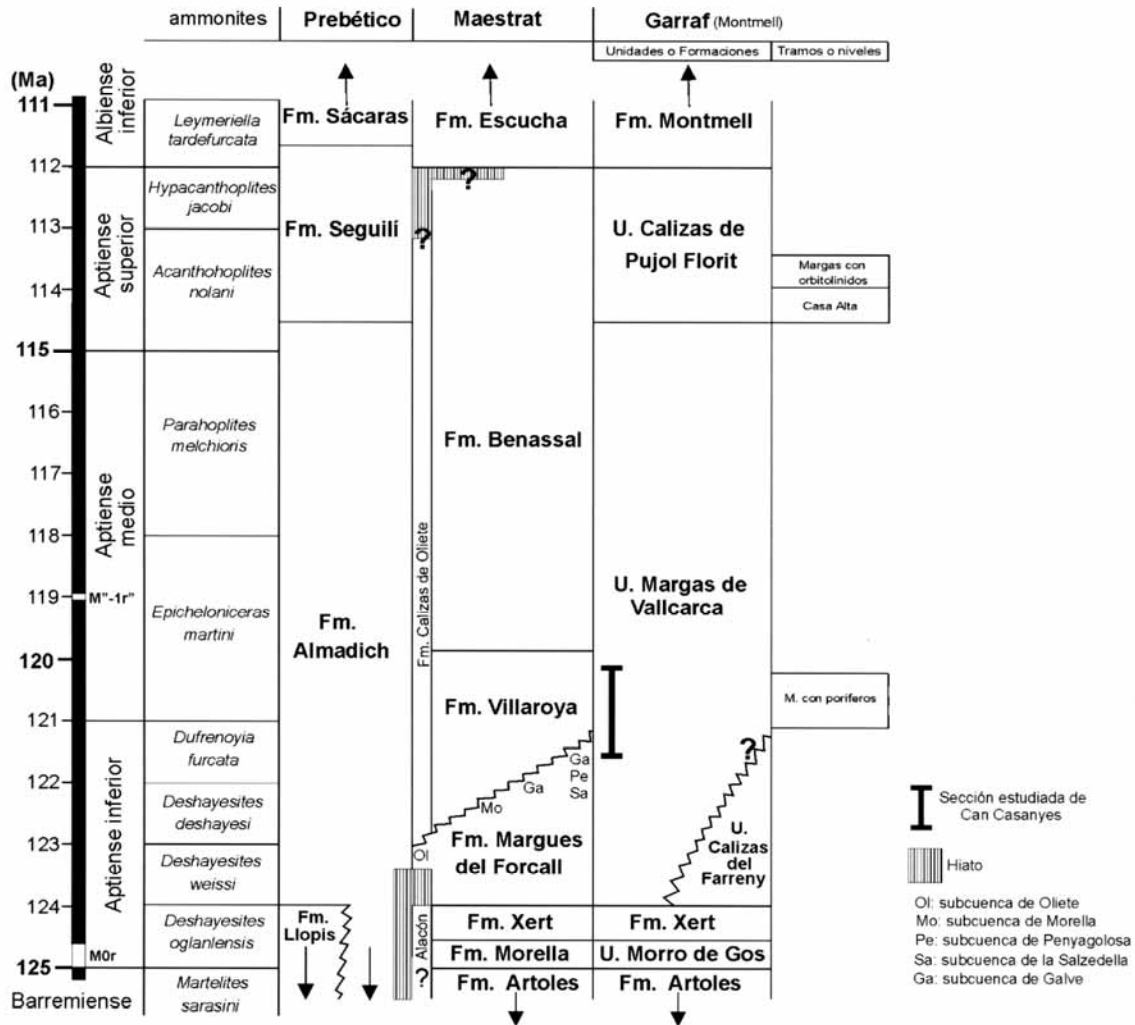


Figura 2. Panel cronoestratigráfico del Aptiense del Garraf comparado con el Maestrat y el Prebético; basado en datos propios, Castro (1998), Ogg et al. (2004), Moreno & Bover (2007), Moreno et al. (2007), entre otros trabajos.

LA SECCIÓN DE CAN CASANYES

La sección de Can Casanyes (Fig. 3) está situada en el término municipal de Castellet i la Gornal, a unos cinco Kilómetros al Sur de la localidad de Torrelletes (Fig. 1). La sección consiste en una alternancia de margas y calizas de 51 metros de potencia observable que se puede dividir en siete tramos (de base a techo):

Tramo 1: de 14 metros de potencia observable esta constituido, esencialmente, por margas grises con pequeños niveles intercalados de calizas. En la parte alta se ha recolectado un ejemplar rodado de *Cheloniceras meyenendorffi* (d'Orbigny, 1845).

Tramo 2: de 1,5 metros de potencia de margas y cali-

zas amarillentas (*packstones*). Son muy fosilíferas, presentando corales, equinoideos, braquiópodos, orbitolínidos y crinoideos. En un banco calizo, se recolectó *in situ* un ejemplar de *Pseudohaploceras matheroni* (d'Orbigny, 1841). En estas margas aparecen los primeros poríferos.

Tramo 3: Paquete de margas amarillas de unos 9 metros de potencia. En su parte basal se ha recolectado *in situ* *Cheloniceras meyenendorffi* (d'Orbigny).

Tramo 4: Constituido por una alternancia de margas y calizas amarillentas (*wackestones-packstones*) de 12 metros de potencia. Los últimos tres metros se caracterizan por calizas (*grainstones*) muy bioturbadas con bivalvos, equinoideos, braquiópodos, orbitolínidos, crinoideos,

esponjas y decápodos. El contenido fosilífero se presenta muy fragmentado debido al transporte.

Tramo 5: Está predominantemente formado por calizas amarillas de unos 3 metros de potencia con pequeñas pasadas de margas. Las calizas son *grainstones* muy cementados con fragmentos de bivalvos, equinoideos, braquiópodos, orbitolinidos, crinoideos, esponjas y crustáceos decápodos. En general los fósiles se presentan fragmentados y en el caso de los poríferos no están en posición de vida. En los tramos margosos hay braquiópodos algún decápodo y poríferos, estos últimos en posición de vida. Entre el último banco calizo, unos 2 metros de potencia, y los niveles infrayacentes, se encuentra el cambio de biozona *Dufrenoyia furcata-Epicheloniceras martini*, véase figura 3.

Tramo 6: está constituido por una alternancia de niveles calizos y margas decimétricas de unos 7 metros de potencia. En la parte inferior predominan las calizas, mientras que en la parte superior lo hacen las margas. La parte inferior esta constituida por *grainstones* con bivalvos, equinidos, braquiópodos, orbitolinidos, crinoideos, esponjas y crustáceos decápodos. La parte superior es menos fosilífera, con poríferos, equinoideos y orbitolinidos.

Tramo 7: Los últimos 3 metros que afloran están constituidos predominantemente por calizas que alternan con finos niveles margosos, en la parte superior.

AMMONITES DEL MACIZO DEL GARRAF,

ANTECEDENTES

Para antecedentes véase en García *et al.* (2007) a los que hay que añadir Moreno (2007b); Moreno & Company (2007) y Moreno-Bedmar & García (2009). Entre los antecedentes hay que destacar el trabajo de García *et al.* (2007) que figuran, lám. 2, figs. 8-9, *Parahoplites melchioris* (Anthula, 1899) procedente de Can Casanyes. Este ammonoideo es un ejemplar rodado que se halló por encima de la sección estudiada en el presente trabajo tratándose de la especie índice de la biozona que lleva su nombre *Parahoplites melchioris*.

BIOESTRATIGRAFIA

El análisis bioestratigráfico de los ammonoideos de la sección de Can Casanyes permite reconocer las siguientes biozonas:

Biozona *Dufrenoyia furcata*: Se han reconocido *Dufrenoyia* sp. (Lám. 1, fig. B), *Lytoceras* sp. (Lám. 1, fig. E), *Phylloceras ponticuli* (Rousseau, 1842) (Lám. 1, fig. H), *Cheloniceras meyenendorffi* (d'Orbigny) (Lám. 1, fig. F), *Pseudohaploceras matheroni* (d'Orbigny) (Lám. 1, fig. C) y *Colombiceras crassicoatum* (d'Orbigny, 1841), (Lám. 1, fig. A). La presencia de *Dufrenoyia* sp. permite caracterizar la biozona *Dufrenoyia furcata*.

Por otra parte la profusión de la especie *Cheloniceras meyenendorffi* es realmente significativa pues Casey *et al.* (1998) proponen la subzona *Cheloniceras meyenendorffi*

en la parte alta de la biozona *Furcata*. Esta subzona sería, por tanto, identificable en la sección objeto de estudio.

La especie *Cheloniceras meyenendorffi* (d'Orbigny) es un chelonicerátido con una densidad de costulación más alta y con una sección de la espira menos poligonal que las especies del grupo *Cheloniceras cornuelianum* (d'Orbigny, 1841). El grupo *C. cornuelianum* es característico de la biozona infrayacente *Deshayesites deshaysi* y está presente también durante la parte baja y media de la biozona *Dufrenoyia furcata*. *Cheloniceras meyenendorffi* (d'Orbigny) es la especie que sucede a *C. cornuelianum* y es una forma muy afín a los *Epicheloniceras* más primitivos del grupo *Epicheloniceras debile* Casey, 1964 que aparecen en la base de la biozona suprayacente (biozona *Epicheloniceras martini*). Podemos pensar, pues, que *C. meyenendorffi* dio lugar a los primeros *Epicheloniceras*.

Biozona *Epicheloniceras martini*: Se ha reconocido *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny, 1841) (Lám. 1, fig. D), *Colombiceras crassicoatum* (d'Orbigny) y *Tonohamites aequicingulatus* (Koenen, 1902) (Lám. 1, fig. G). La presencia de *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny) es diagnóstica de la biozona que lleva su nombre.

CONCLUSIONES

El estudio detallado de la sección de Can Casanyes, que se halla en la Unidad informal Margas de Vallarca, ha permitido reconocer las biozonas *Dufrenoyia furcata*, en especial la subzona caracterizada por Casey *et al.* (1998): *Cheloniceras meyenendorffi* en la parte alta de la biozona *Dufrenoyia furcata*, última biozona del Aptiense inferior y la biozona *Epicheloniceras martini*, primera biozona del Aptiense medio.

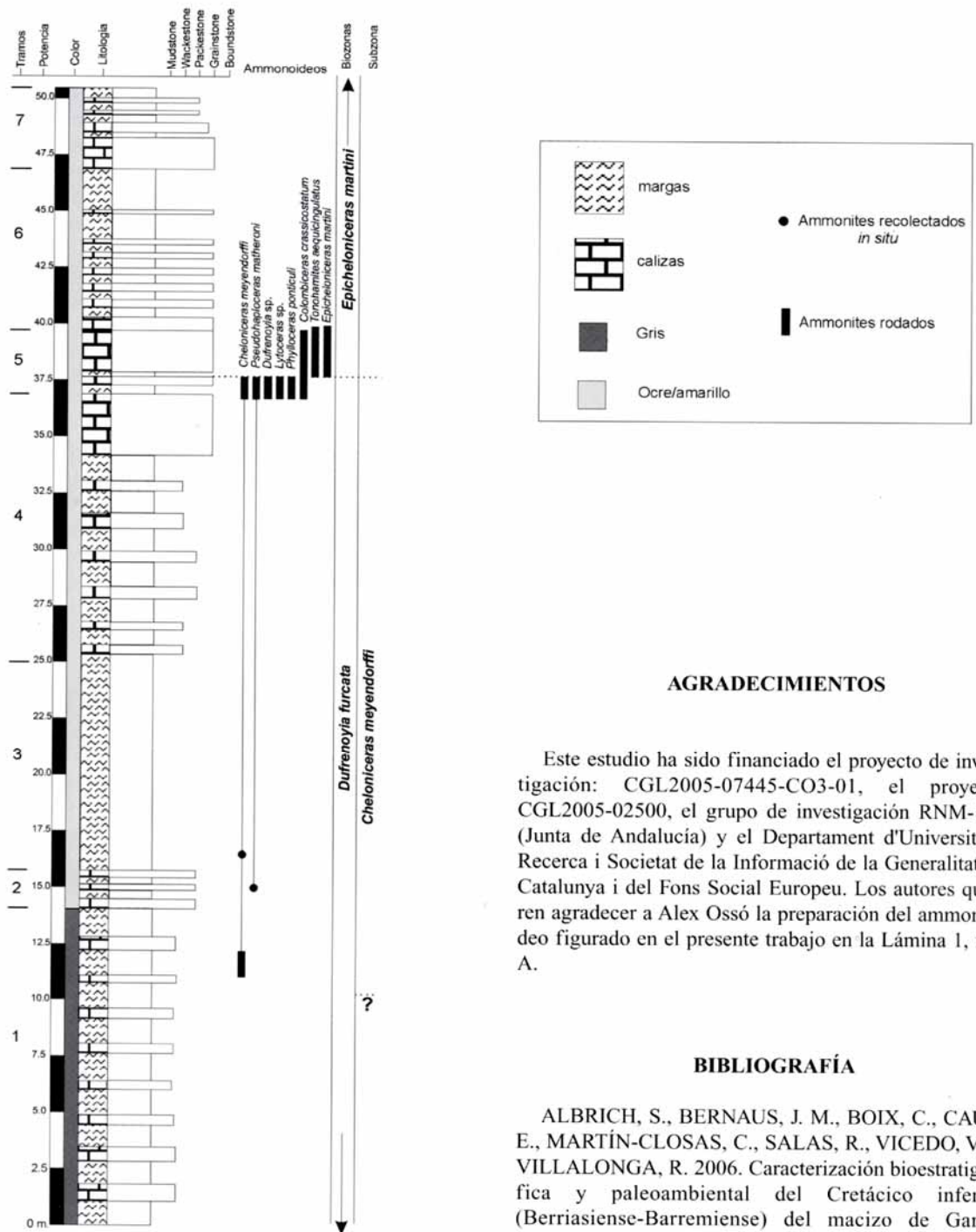


Fig.3 -Sección de Can Cassanyes

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado el proyecto de investigación: CGL2005-07445-CO3-01, el proyecto CGL2005-02500, el grupo de investigación RNM-178 (Junta de Andalucía) y el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons Social Europeu. Los autores quieren agradecer a Alex Ossó la preparación del ammonioideo figurado en el presente trabajo en la Lámina 1, fig. A.

BIBLIOGRAFÍA

ALBRICH, S., BERNAUS, J. M., BOIX, C., CAUS, E., MARTÍN-CLOSAS, C., SALAS, R., VICEDO, V. & VILLALONGA, R. 2006. Caracterización bioestratigráfica y paleoambiental del Cretácico inferior (Berriasiense-Barremiense) del macizo de Garraf (Cadena Costera Catalana). *Revista Española de Micropaleontología*. 38 (2-3): 429-452.

ALMERA, J. *Mapa geológico y topográfico de la Provincia de Barcelona. Región tercera o de la Llacuna*. Escala 1:40.000. Barcelona.

CANÉROT, J. & CALZADA, S. 1973. Données nouvelles sur le Crétacé des Massifs de Garraf et Montmell

(Prov. de Barcelone, Espagne). *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*. 109 (1-2): 155-162.

CALZADA, S. 1974. *Braquiópodos infracretácicos del levante Español*. Tesis doctoral Universidad de Barcelona. 309 pp.

CASEY, R., BAYLISS, H. M. & SIMPSON, M. I. 1998. Observations on the lithostratigraphy and ammonite succession of the Aptian (Lower Cretaceous) Lower Greensand of Chale Bay, Isle of Wight, UK. *Cretaceous Research*. 19: 511-535.

CASTRO, J. M. 1998. *Las plataformas del Valanginiense Superior-Albiense inferior en el Prebético de Alicante*. Ph. D. Tesis, Universidad de Jaén. 464 pp.

GARCÍA, R., MORENO, J. A. & ARAGUZ, S. 2007. Noves dades dels ammonites de l'Aptià del Massís del Garraf (Barcelona). *Batalleria*. 13: 47-52.

LAGNEAU-HERENGUER, L. 1962. Contribution à l'étude des spongiaires silicieux du Crétacé inférieur. *Memoires de la Societe Geologique du France*. 95: 1-252.

LÓPEZ, J. 2007. Hallazgo de *Imerites giraudi giraudi*, ammonitido barremiense, en las "Arcillas de Morella". Consecuencias. *Batalleria*. 13: 53-56.

MARTÍN-CLOSAS, C., CLAVEL, B., SCHROEDER, R., CHAROLLAIS, J. & CONRAD, M.A. 2008. Charophytes from the Barremian-Lower Aptian of the Northern Subalpine Chains and Jura Mountains (France). Correlation with associated marine assemblages. *Cretaceous Research* (en prensa, doi:10.1016/j.cretres.2008.05.001).

MARTÍNEZ, R., GRAUGES, A. & SALAS, R. 1994. Distribución de los ammonites del Cretácico inferior de la Cordillera Costera Catalana e Ibérica Oriental. *Cuadernos de geología ibérica*. 18: 337-354.

MORENO, J. A. 2005. (Inédito) *Estudio Bioestratigráfico del Aptiense del Macizo del Garraf (Cadena Costero Catalana)*. Treball final de Carrera. Universitat de Barcelona. 130 pp.

MORENO, J. A. 2007a. Bioestratigrafía del Aptiense del macizo del Garraf (NE de la Península Ibérica). *Geogaceta*. 41:131-134.

MORENO, J. A. 2007b. *Deshayesites latilobatus* y *Deshayesites grandis* procedentes del macizo del Garraf (Barcelona). ¿"Especies" sinónimas de *D. deshayesi*? *Cantera Paleontológica, V Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*. 289-300. Cuenca.

MORENO, J. A. & BOVER, T., 2007. Precisiones sobre la edad, mediante ammonoideos, de la Fm. Margas del Forcall, Aptiense inferior, en la subcuena de Galve (Teruel, Espanya), in BRAGA, J. C., CHECA, A., & COMPANY, M., eds., XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (Caravaca de la Cruz, 3-6 de Octubre de 2007), Libro de resúmenes. Instituto Geológico y Minero de España y Universidad de Granada, Granada, p. 151-152.

MORENO, J. A. & COMPANY, M. 2007. Caracterización de dimorfismo morfodimensional en

Deshayesites deshayesi (Leymerie in d'Orbigny) (Ancyloceratina, Ammonoidea) in BRAGA, J. C., CHECA, A. & COMPANY, M., eds., XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (Caravaca de la Cruz, 3-6 de Octubre de 2007), Libro de resúmenes. Instituto Geológico y Minero de España y Universidad de Granada, Granada, p. 153-154.

MORENO, J. A., COMPANY, M., DELANOY, G., GRAUGES, A., MARTÍNEZ, R. & SALAS, R., 2007. Precisiones sobre la edad, mediante ammonoideos y nautiloideos, de la Fm. Margas del Forcall en la subcuena de Oliete (Cadena Ibérica, España). *Geogaceta*. 42: 75-78.

MORENO-BEDMAR, J. A., BULOT, L., LATIL, J. L., MARTÍNEZ, R., FERRER, O., BOVER-ARNAL, T. & SALAS, R. 2008. Precisiones sobre la edad de la base de la Fm. Escucha, mediante ammonoideos, en la subcuena de la Salzedella, Cuenca del Maestrat (E Cordillera Ibérica). *Geotemas*. 10: 1269-1272.

MORENO-BEDMAR, J. A. & GARCÍA, R. 2009. Bioestratigrafía de los ammonoideos de la Unidad Calizas del Farreny, Aptiense inferior, del Macizo del Garraf (NE de España). *Batalleria* 14:75-78

OGG, J. G., AGTERBERG, F. P. & GRADSTEIN, F. M., 2004. The Cretaceous period. in: GRADSTEIN, F. M., OGG, J. G. & SMITH, A. G. (Eds.), *A geologic time scale* 2004. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 344-383.

REBOULET, S., HOEDEMAKER, P. J. (Reporters), AGUIRRE-URRETA, M. B., ALSEN, P., ATROPS, F., BARABOSHKIN, E. I., COMPANY, M., DELANOY, G., DUTOUR, I., KLEIN, J., LATIL, J., LUKENEDER, A., MITTA, V., MOURGUES, F. A., PLOCH, I., RAISOSSADAT, N., ROPOLO, P., SANDOVAL, J., TAVERA, J. M., VASICEK Z. & VERMEULEN, J. 2006. Report on the 2nd international meeting of the IUGS Lower Cretaceous ammonite working group, the "Kilian Group" (Neuchâtel, Switzerland, 8 September 2005). *Cretaceous Research*. 27: 712-715.

ROBLES, S. 1982. Catalánides. In: *Cretácico de España*. Universidad Complutense de Madrid: 199-271.

SALAS, R., GUIMERÀ, J., MAS, R., MARTÍN-CLOSAS, C., MELÉNDEZ, A. & ALONSO, A., 2001.- Evolution of the Mesozoic Central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian Chain). In: P.A. ZIEGLER, W., CAVAZZA, A. F. H., ROBERTSON & S. CRASQUIN-SOULEAU (eds), *Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, 186: 145-185.

SALAS, R., MARTÍN-CLOSAS, C., DELCLÒS, X., GUIMERÀ, J., CAJA, M. A. & MAS, R. 2005. Factores principales de control de la sedimentación y los cambios bióticos durante el tránsito Jurásico-Cretácico en la cadena Ibérica. *Geogaceta*. 38: 15-18.

Lámina 1

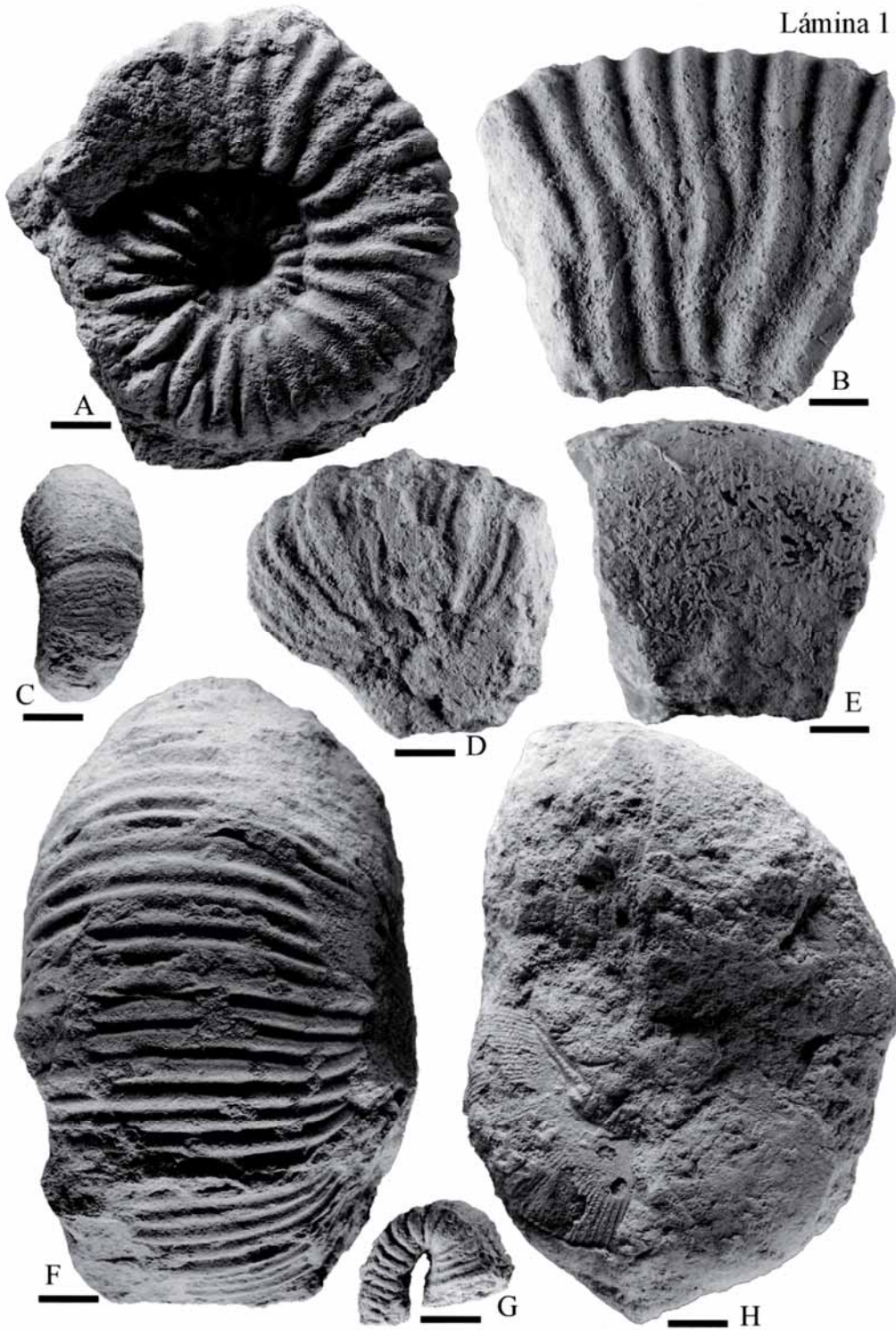


Figura A: *Colombiceras crassicostatum* (d'Orbigny) vista lateral del ejemplar PUAB 68525. B: *Dufrenoyia* sp. vista lateral del ejemplar PUAB 68427. C: *Pseudohaploceras matheroni* (d'Orbigny) vista ventral del ejemplar PUAB 68503. D: *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny) vista ventral del ejemplar PUAB 68498. E: *Lytoceras* sp. vista lateral del ejemplar PUAB 68340. F: *Chelonicerias meyendorffi* (d'Orbigny) vista ventral del ejemplar PUAB 69488. G: *Tonohamites aequicingulatus* (Koenen) vista lateral del ejemplar PUAB 68527. H: *Phylloceras ponticuli* (Rousseau) vista lateral del ejemplar PUAB 68428. Todos los ejemplares proceden de la localidad de Can Cassanyes. Escala gráfica 1 cm.

BIOESTRATIGRAFÍA DE LOS AMMONOIDEOS DE LA UNIDAD CALIZAS DEL FARRENY, APTIENSE INFERIOR, DEL MACIZO DEL GARRAF (NE DE ESPAÑA)

Moreno-Bedmar, J. A.* y García, R.**

* Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona. Martí i Franquès sn, 08028, Barcelona, España, j.a.moreno@ub.edu

** Av. Josep Tarradellas i Joan 14 bxs. 4ª, 08870, Sitges, Barcelona. ruben_jsc@hotmail.com

RESUMEN

Se estudian los ammonoideos recolectados, con un muestreo sistemático, de la Unidad Calizas del Farreny, Sierra del Papiol, Macizo del Garraf (NE de España). Se han recolectado ammonoideos en 4 bancos, 12-15. El análisis bioestratigráfico de dicho registro ha permitido reconocer dos biozonas del Aptiense inferior: *Deshayesites weissi* pobremente representada y *Deshayesites deshayesi*.

PALABRAS CLAVE

Ammonoideos, Unidad Calizas del Farreny, Macizo del Garraf, Aptiense inferior, biozonas *Deshayesites weissi* y *Deshayesites deshayesi*.

ABSTRACT

Systematically sampled ammonite specimens from the Fondo de la Berra section, Calizas del Farreny Unit, Serra del Papiol, Garraf Massif (NE Spain) were studied in detail. Ammonoids were collected from four beds (12-15). The biostratigraphic analysis of this fossil record allowed us to recognize two Lower Aptian biozones: *Deshayesites weissi*, which is poorly represented, and *Deshayesites deshayesi*.

KEY WORDS

Ammonoids, Calizas del Farreny Unit, Garraf Massif, Lower Aptian, *Deshayesites weissi* and *Deshayesites deshayesi* zones.

INTRODUCCIÓN

El Farreny es una localidad clásica del Aptiense inferior del Macizo del Garraf, que se halla en la Sierra del Papiol cerca de la localidad de Sant Miquel d'Olièrdola (Fig. 1), es especialmente conocida por su registro de ammonites (Bataller, 1962; Martínez *et al.* 1994; Moreno, 2005 inédito; Moreno 2007 a-b, Moreno &

Company, 2008; García *et al.* 2007) y braquiópodos (Calzada, 1974). En el presente trabajo se estudian varias secciones siendo destacable la sección del Fondo de la Berra donde se han obtenido los ammonoideos objeto de estudio mediante un muestreo sistemático. Hasta el presente trabajo la localidad del Farreny se había estudiado empleando los ammonoideos que se encontraban en los dos grandes canchales, Fondo del Tennis y Fondo Gran del Farreny

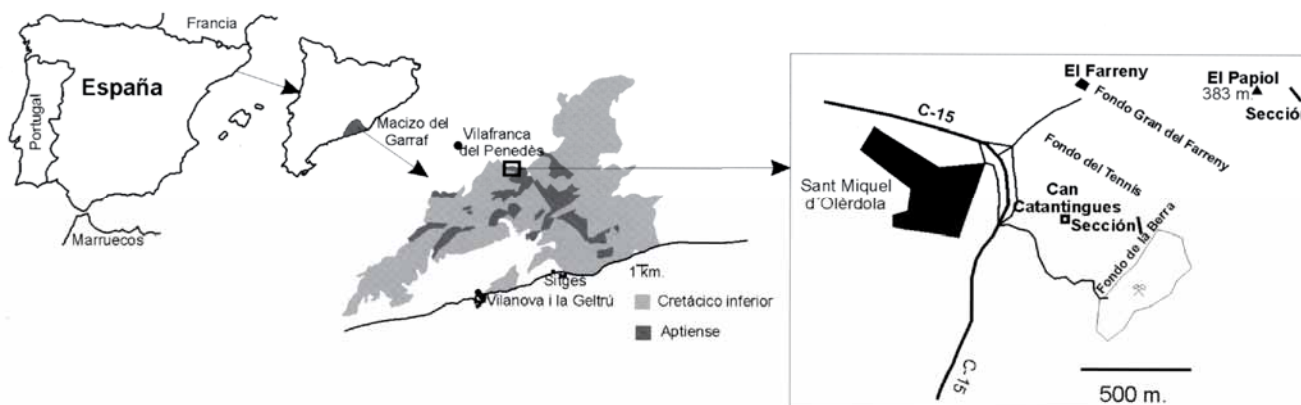


Figura 1. Situación del Macizo del Garraf, de la Sierra del Papiol y de las secciones estudiadas.

del Farreny, que dominan el afloramiento de la Unidad Calizas del Farreny en el flanco Norte de la Sierra del Papiol, sin conocer con certeza la posición estratigráfica que ocupaban los ammonoideos rodados que se colectaban.

MARCO GEOLÓGICO

La Unidad Calizas del Farreny fue definida informalmente por Moreno (2005); para marco geológico de esta Unidad, dentro del Aptiense del Garraf véase en Moreno-Bedmar *et al.* (2009). Con el propósito de conocer con más detalle la Unidad Calizas del Farreny se ha empleado la cartografía de Calzada (1974). El buzamiento general dado por Calzada (1974), 12 grados al N y dirección N60 E, varia, tan solo, hasta unos veinte de grados, pero se ha visto que en algunas áreas concretas la acción de las fallas es muy importante y el buzamiento general se ve fuertemente modificado. Se ha realizado una sección cerca de la Peña del Papiol que se ha denominado sección de la Torre de alta tensión (Fig. 2). El afloramiento está bastante cubierto realizándose una sección sintética. En esta sección está presente toda la Unidad Calizas del Farreny desde su parte baja, donde se aprecia el contacto de la Fm. Xert con la Unidad Calizas del Farreny, hasta la parte alta. Los niveles superiores de las Calizas del Farreny se caracterizan por la profusión de poríferos, probablemente chaetétidos, en parte silicificados. Hacia techo la Unidad Calizas del Farreny, aunque continúa teniendo poríferos, es cada vez más somera incorporando progresivamente radiolas de equinoideos regulares, bivalvos y orbitolinidos.

ANTECEDENTES

Para antecedentes, de los ammonoideos aptienses del macizo del Garraf, véase en García *et al.* (2007) a los que hay que añadir Moreno & Company (2007), Moreno-Bedmar *et al.* (2008) y Moreno-Bedmar *et al.* (2009).

El "yacimiento" del Farreny fue descubierto por Via en el año, 1947. En su libreta de campo, conservada actualmente en el Museo del Vino de Vilafranca de Penedès, se puede leer: "*Baixant del Papiol on hem pujat per tirar la mateixa foto de la sortida del 19-IV-45 sense buscar-los, en la tartera que hi ha damunt del camp de tennis i Can Catantingues hi trobem uns quants exemplars d'ammonitids de tamany considerable, que recorden els de la Vall. Jaciment a explorar.*" A partir del descubrimiento se llevaron a cabo diversas campañas que recolectaron gran parte de los ammonoideos que se hallaban en los canchales, Fondo del Tennis y Fondo Gran del Farreny, por parte del Museu del Vino y del Museu Geològic del Seminari Conciliar de Barcelona. Aun ello, parece ser que el yacimiento del Farreny era ya conocido anteriormente al hallazgo de Via, si bien, no hay constancia escrita de ello. En el Museu de Geologia

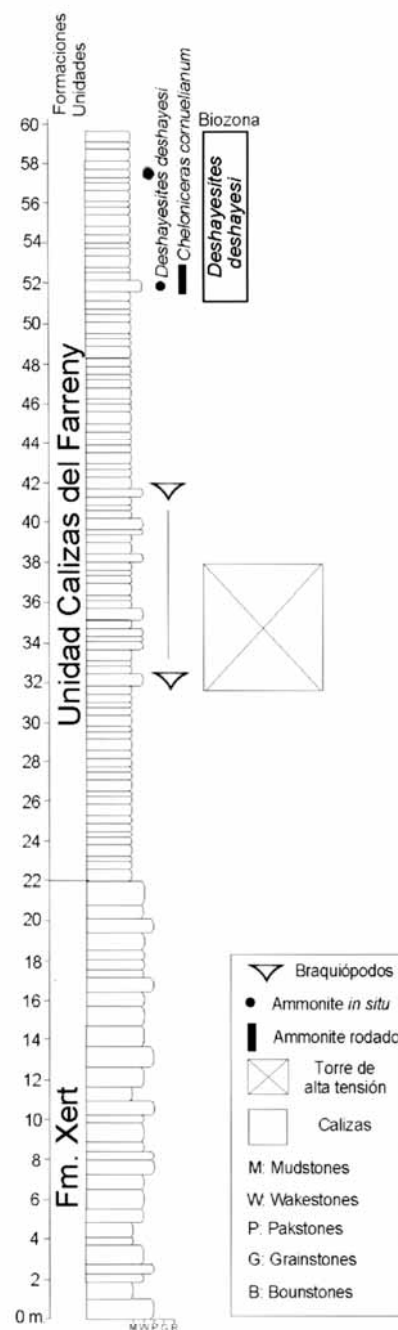


Figura 2. Sección Torre de alta tensión

de Barcelona se conserva bajo el número 20537 un ammonite procedente de la antigua colección Almera determinado como *Hoplites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) procedente del Aptiense de Castellet. Este ejemplar juvenil de *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny, 1841) por su litología, única en el aptiense del Garraf, no hay género de dudas en que procede de la Unidad Calizas del Farreny. Almera nunca indicó la presencia de ammonites procedentes de Olèrdola, término municipal donde se halla el Farreny, creemos que éste ammonoideo fue recolectado por otra persona y entregado posteriormente al Dr. Almera indicándole erróneamente la localidad de donde procedía.

En los trabajos más recientes (Moreno, 2005 inédito; Moreno 2007 a-b, Moreno & Company, 2008; García *et al.* 2007) se han revisado des de un punto de vista taxonómico y bioestratigráfico los ammonoideos de esta localidad reconociendo: *Roloboceras hambrovi* (Forbes, 1845), *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny); *Cheloniceras cf. cornelianum* (d'Orbigny, 1840) y *Pseudohaploceras matheroni* (d'Orbigny, 1840). Estos ammonites fueron atribuidos a la biozona *Deshayesites deshayesi*, Aptiense inferior (Martínez *et al.* 1994, Moreno, 2005 y Moreno, 2007a). Los trabajos que se han realizado, recientemente, revisando los niveles con *Roloboceras* y *Megatyloceras* de la cuenca del Maestrat (Moreno *et al.* 2007; Moreno & Bover, 2007; Moreno-Bedmar *et al.* 2008a y Moreno-Bedmar *et al.* submitted) hacen atribuir la especie *Roloboceras hambrovi* (Forbes) a la parte alta de la biozona *Deshayesites weissi*.

SECCIÓN DEL FONDO DE LA BERRA

Para el estudio de los ammonoideos de la Unidad Calizas del Farreny nos centraremos en la sección del Fondo de la Berra pues se ha realizado un muestreo sistemático banco a banco. Esta sección, de 39,5 metros de potencia, se caracteriza por estar constituida por una sucesión muy monótona de bancos calizos decimétricos, generalmente entre 50 y 90 cm., de *mudstones* y más raramente *wakestones*. Las calizas tienen un color gris muy característico así como olor fétido al romperse. Los bancos 3, 4, 5 contienen braquiópodos, *Tamarella chloris* (Coquand, 1865) y *Burrinhynchia viai* Calzada, 1974, junto con algunos bivalvos. Estos son los niveles estudiados por Calzada (1974); es destacable que dichos niveles se hallan una decena de metros por debajo de la primera aparición de los ammonoideos de la biozona *Deshayesites deshayesi* véase figuras 2 y 3 Por encima bancos 5-11 apenas hay registro fósil limitándose a escasos bivalvos. Los bancos 12-15 presentan registro de ammonites junto con algún raro bivalvo. El banco 15 se caracteriza por presentar nódulos piritosos, actualmente limonitizados. Los bancos 16-22 son muy estériles siendo destacable que en el banco número 18 aparecen también nódulos piritosos. No ha sido posible observar en ningún nódulo de los bancos 15 y 18 que la pirita nucleee

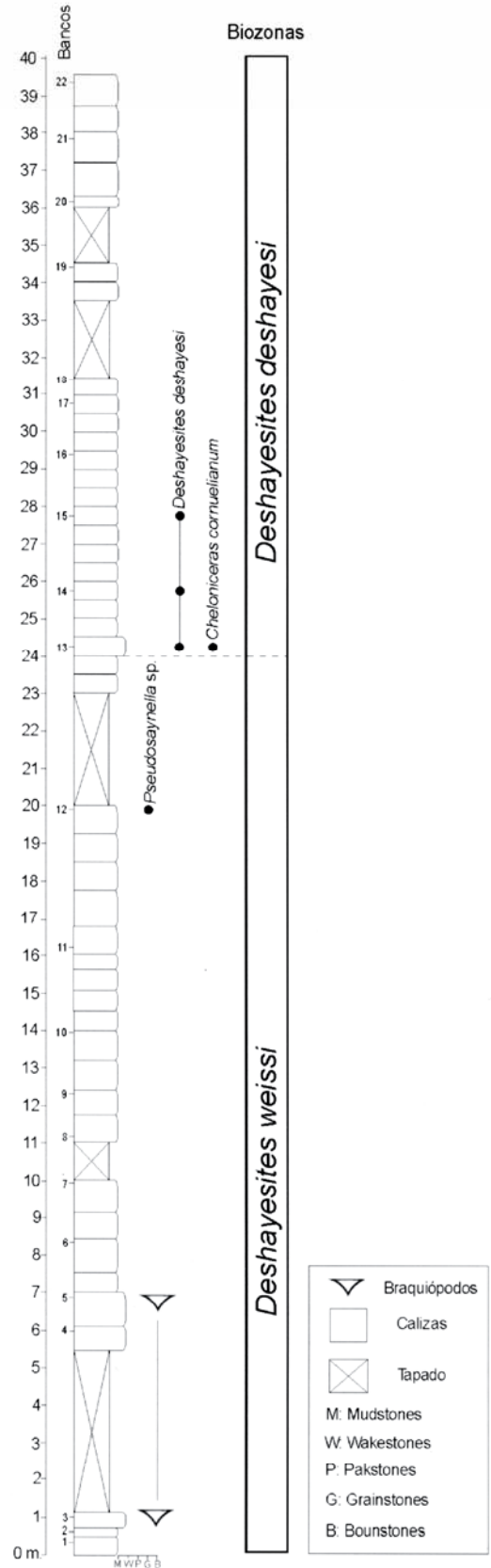


Figura 3. Sección del Fondo de la Berra, distribución de los ammonoideos y análisis bioestratigráfico.

entorno restos fósiles si bien en los canchales se ha reconocido la presencia de corales solitarios piritizados y algún ammonoideo, *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny, 1841) y un nautiloideo, *Cymatoceras neckerianum* (Pictet, 1847) con restos de concha piritizada, actualmente limonitizada. Desconocemos si estos fósiles proceden de los bancos 15 y 18 o de bancos suprayacentes.

BIOESTRATIGRAFIA

En 39,5 metros de sección, más de 11 metros tapados, se han estudiado 22 bancos identificándose en 4 de ellos registro de ammonoideos. En el banco 12 se ha reconocido un único ejemplar de ammonoideo *Pseudosaynella* sp. El banco 13 presenta un registro de ammonites, relativamente, abundante predominando ejemplares juveniles de *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) junto con *Chelonicerias cornuelianum* (d'Orbigny). En los bancos 14 y 15 se han reconocido macroconchas subadultas y adultas de *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) siendo más abundantes en el banco 14, aunque, en ambos bancos el registro de ammonoideos es más escaso que en el banco 13.

Biozona *Deshayesites weissii*: No hay ammonoideos que permitan diagnosticar la presencia de dicha biozona, aún ello, como el final de una biozona se define por la primera aparición del ammonoideo índice de la suprayacente los bancos por debajo del 13, primera aparición de *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny), son atribuibles a la biozona *Weissii*. Por éste motivo consideramos que la *Pseudosaynella* sp. del banco 12 procede de la parte alta de la biozona *Weissii*. En los fondos museísticos y colecciones particulares revisadas, que suman algún centenar de especímenes procedentes de esta localidad, tan sólo hay un ammonoideo que es atribuible a la biozona *Weissii* con certeza, *Roloboceras hambrovi* (Forbes) depositado en el MV con el número 3887, referenciado por vez primera por Martínez *et al.* (1994) y figurado posteriormente por Moreno (2005) lám. 4, fig. 6 y lám. 5, fig. 1. Los ammonoideos de la biozona *Weissii* son realmente escasos.

Biozona *Deshayesites deshayesi*: En el banco 13 encontramos la primera aparición de *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) (lám.1 figs. 1, 3 y 4), que esta presente asimismo en los bancos 14 (lám. 1 fig. 2) y 15. En el banco 13 también se ha recolectado *Chelonicerias cornuelianum* (d'Orbigny). En los fondos museísticos y colecciones particulares revisadas prácticamente la totalidad de ejemplares proceden de esta biozona.

CONCLUSIONES

Mediante el muestreo sistemático realizado en la sección del Fondo de la Berra se han recolectado ammonoideos en 4 bancos, 12-15. El análisis bioestratigráfico, de

dicho registro, ha permitido reconocer dos biozonas del Aptiense inferior: *Deshayesites weissii* y *Deshayesites deshayesi*.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado el proyecto de investigación: CGL2005-07445-CO3-01, el proyecto CGL2005-02500, el grupo de investigación RNM-178 (Junta de Andalucía) y el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons Social Europeu.

BIBLIOGRAFÍA

- BATALLER, J. R. 1962. Los cefalópodos del Macizo Cretácico de Garraf (Barcelona). *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. 34: 177-211.
- CALZADA, S. 1974. *Braquiópodos infracretácicos del levante Español*. Tesis doctoral Universidad de Barcelona. 309 pp.
- GARCÍA, R.; MORENO, J. A. & ARAGUZ, S. 2007. Noves dades dels ammonits de l'Aptià del Massís del Garraf (Barcelona). *Batalleria*. 13: 47-52.
- MARTÍNEZ, R.; GRAUGES, A. & SALAS, R. 1994. Distribución de los ammonites del Cretácico inferior de la Cordillera Costera Catalana e Ibérica Oriental. *Cuadernos de geología ibérica*. 18: 337-354.
- MORENO, J. A. 2005. (Inédito) *Estudio Bioestratigráfico del Aptiense del Macizo del Garraf (Cadena Costero Catalana)*. Treball final de Carrera. Universitat de Barcelona. 130 pp.
- MORENO, J. A. 2007a. Bioestratigrafía del Aptiense del macizo del Garraf (NE de la Península Ibérica). *Geogaceta*. 41:131-134.
- MORENO, J. A. 2007b. *Deshayesites latilobatus* y *Deshayesites grandis* procedentes del macizo del Garraf (Barcelona). ¿"Especies" sinónimas de *D. deshayesi*? *Cantera Paleontológica, V Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*. 289-300. Cuenca.

MORENO, J.A. & COMPANY, M., 2007. Caracterización de dimorfismo morfodimensional en *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) (Ancyloceratina, Ammonoidea). In: Braga, J.C., Checa, A. and Company, M. (Eds.), XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (Caravaca de la Cruz, 3-6 de Octubre de 2007), Libro de resúmenes. Instituto Geológico y Minero de España y Universidad de Granada, Granada, pp. 153-154.

MORENO, J. A. & BOVER, T. 2007. Precisiones sobre la edad, mediante ammonoideos, de la Fm. Margas del Forcall, Aptiense inferior, en la subcuenca de Galve (Teruel, España). In: Braga, J.C., Checa, A., Company, M. (Eds.), XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (Caravaca de la Cruz, 3-6 de Octubre de 2007), Libro de resúmenes. Instituto Geológico y Minero de España y Universidad de Granada, Granada, pp.151-152.

MORENO-BEDMAR, J. A., BOVER-ARNAL, T., SALAS, R. & COMPANY, M.. 2008a. The early Aptian oceanic anoxic event in the Maestrat Basin (E Iberian Chain). *Geotemas* 10: 159-162.

MORENO-BEDMAR, J.A., RAMÍREZ, L., COMPANY, M. & SALAS, R. 2009. Estudio bioestratigráfico de los ammonoideos de la sección de Can Casanyes, Aptiense inferior-medio del Macizo del Garraf (NE de España). *Batalleria* 14:69-74

MORENO-BEDMAR, J. A., COMPANY, M., BOVER-ARNAL, T, SALAS, R., DELANOY, G., MARTÍNEZ, R. & GRAUGES, A. *Submitted*. Biostratigraphic characterization by means ammonoids of the Lower Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE 1a) in the Eastern Iberian Chain (Maestrat basin, E Spain). *Cretaceous research*.

Lámina 1



Lámina 1: Figura 1: *Deshayesites deshayesi* vista lateral del ejemplar PUAB 68429, banco 13. Figura 2: *Deshayesites deshayesi* vista lateral del ejemplar PUAB 68430, banco 14. Figura 3: *Deshayesites deshayesi* PUAB 68431, banco 13. Figura 4: *Deshayesites deshayesi* PUAB 68432, banco 13. Escala gráfica 1 cm. DVAB: Col·lecció de Paleontologia de la Universitat Autònoma de Barcelona)

Annex 3

Moreno, J.A., Bover, T., 2007. Precisiones sobre la edad, mediante ammonoideos, de la Formació Margas del Forcall, Aptiense inferior, en la subcuena de Galve (Teruel, España). In: Braga, J.C., Checa, A., Company, M. (Eds.), XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (Caravaca de la Cruz, 3-6 de Octubre de 2007), Libro de resúmenes. Instituto Geológico y Minero de España y Universidad de Granada, Granada, 151-152 pp.

Salas, R., Moreno, J.A., 2008. Revisió de la Geologia i altres treballs complementaris de quatre Fulls del MGC25M a l'àrea del Massís de Garraf. Fulls Números.: 420-1-1, 420-1-2, 448-1-1 i 448-1-2. Part I: Estratigrafia dels materials aptians. 41 pp.

Gaona-Narvaez, T., Company, M., Lamolda, M., Maurrasse, F.J., Moreno-Bedmar, J.A., Rebenack, C. 2009a. Microfacies and Geochemistry of a Shallow-Water Lower Aptian Carbonate Platform Sequence at the Madotz Section (Basco-Cantabrian Basin, Aralar, Spain), its Relation to Cretaceous Anoxic Event 1a (OAE-1a). AAPG Annual Convention and Exhibition. Denver (USA).

Gaona-Narvaez, T., Maurrasse, F.J.-M.R., Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Lamolda, M. 2009b. Ammonite biostratigraphy at the Madotz section (Basco-Cantabrian Basin, Spain), implications for the record of Cretaceous Oceanic Anoxic Event 1a (OAE-1a). Libro de resúmenes, P. Palmqvist y J.A. Pérez-Claros (coords.) Universidad de Málaga. p. 190-191 pp.

Rosales, I., Najarro, M., Moreno-Bedmar, J.A., de Gea, G.A., Company, M., 2009. High-resolution chemo- and biostratigraphic records of the Early Aptian Oceanic Anoxic Event in Cantabria (northern Spain). *Geochimica et Cosmochimica Acta Awards Ceremony Speeches and Abstracts of the 19th Annual V.M. Goldschmidt*. 73, 13, Supp. 1, A 1118.

Precisiones sobre la edad, mediante ammonoideos, de la Fm. Margas del Forcall, Aptiense inferior, en la subcuenca de Galve (Teruel, España)

Moreno, J.A.¹ y Bover, T.²

¹ Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona, España; j.a.moreno@ub.edu

² Universität Bayreuth. Abteilung Geologie, Universitätsstr. 30, 95440 Bayreuth, Alemania; telm.bover@uni-bayreuth.de

La subcuenca de Galve, una de las subcuencas que integran la cuenca del Maestrazgo, se sitúa en el NE de la península Ibérica, Teruel, en la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica. Los ammonites aptienses de la subcuenca de Galve sólo han merecido la atención de Weisser (1959), que reconoció la Biozona Deshayesites Deshayesi en la Formación Margas del Forcall.

El análisis bioestratigráfico de las asociaciones de ammonites recolectadas en la subcuenca de Galve permite reconocer las siguientes Biozonas de ammonites del Aptiense inferior:

Biozona Deshayesites Weissi, Horizonte Roloboceras Hambrovi: En la parte baja de las Margas del Forcall se ha recolectado: *Roloboceras hispanicum* Sornay y Marin (Fig. 1, A), *Roloboceras hambrovi* (Forbes) y *Barremites* sp..

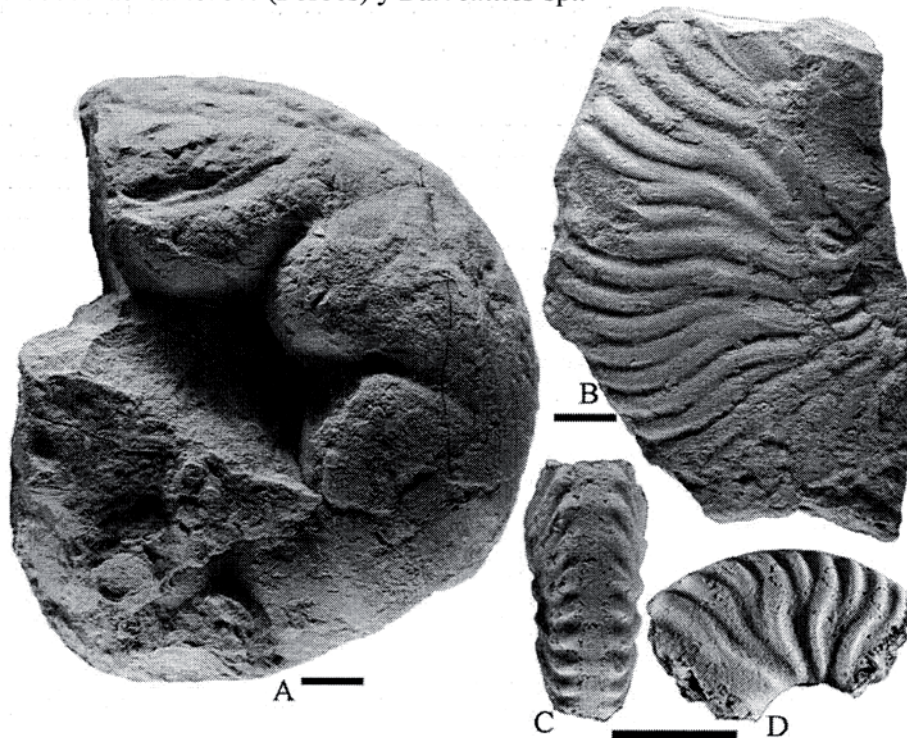


Figura 1: A: *Roloboceras hispanicum* Sornay y Marin, ejemplar CPT-3234 (Conjunto Paleontológico de Teruel) procedente de Miravete de la Sierra. B: *Deshayesites grandis* Spath, ejemplar CPT-3236 procedente de Villaroya de los Pinares. C-D: *Dufrenoyia dufrenoyi* (d'Orbigny), ejemplar CPT-3232 procedente de Miravete de la Sierra. Escala gráfica: 1 cm.

Biozona *Deshayesites Deshayesi*: Es la mejor representada tanto en número de especies como de ejemplares. Se han reconocido *Deshayesites deshayesi* (Leymiere in d'Orbigny), *Deshayesites grandis* Spath (Fig. 1, B), *Deshayesites latilobatus* Neuman & Uhlig y *Deshayesites vectensis* Spath, que permiten diagnosticar esta Biozona. Junto con los *Deshayesítidos* aparece también *Australiceras* cf. *gigas* (Sowerby), *Toxoceratoides* sp., *Cheloniceras cornuelianum* (d'Orbigny) y *Pseudosaynella undulata* (Sarasin).

Biozona *Dufrenoyia Furcata*: En la parte alta de la Formación Margas del Forcall se ha encontrado *Dufrenoyia dufrenoyi* (d'Orbigny) (Fig. 1, C-D) y *Cheloniceras cornuelianum* (d'Orbigny).

Referencia

Weisser, B. 1959. Acerca de la estratigrafía del Urgo-Aptense en las cadenas celtibéricas de España. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*. **55**, 17-32.



Institut Geològic de Catalunya

**REVISIÓ DE LA GEOLOGIA I ALTRES TREBALLS
COMPLEMENTARIS DE QUATRE FULLS DEL MGC25M
A L'ÀREA DEL MASSÍS DE GARRAF
FULLS Nos.: 420-1-1, 420-1-2, 448-1-1 i 448-1-2**

PART I: ESTRATIGRAFIA DELS MATERIALS APTIANS

Ramon Salas i Josep Anton Moreno

Desembre de 2008

ÍNDIX

Introducció, 3

Marc geològic, 4

Biostratigrafia, 8

 Antecedents, 7

 Metodologia, 8

 Biozonació del registre aptià, 8

 Làmines, 14

Unitats cartogràfiques i litostratigràfiques, 33

 Unitat cartogràfica 11: Calcàries i margues del Peu de la Serra, 34

 Unitat cartogràfica 12: Margues de Vallcarca, 35

 Unitat cartogràfica 12a: Calcàries del Ferreny, 37

 Unitat cartogràfica 13: Calcàries i margues del Pujol Florit, 38

Portada: Vista del extrem occidental del casquet de la Cocona de la Savina (31 X: 410195, Y: 4570537) presa des del Pic del Martell. El materials calcaris barremians es posen en contacte mecànic sobre els del Juràssic superior basculat fortament cap el SW.

INTRODUCCIÓ

Durant les tasques de revisió de la geologia i altres treballs dels quatre fulls del MGC25M que comprenen l'àrea estudiada es va posar de manifest la necessitat prèvia d'estudiar, abans que res i molt acuradament, l'estratigrafia dels materials aptians de tot el Massís de Garraf. Aquesta feina ha portat molt de temps i ha enrederit bastant la confecció de l'informe dels resultats, però ha estat una exigència imprescindible per poder porta a bon terme el mapa MGC25M del Massís de Garraf.

Les fàcies aptianes van ser cartografiades per Salas et al (1994) seguint les pautes de la conca del Maestrat i la subconca del Perelló, sobretot pel que fa a la llegenda i relacions estratigràfiques. Treballs posteriors han posat de manifest que l'Aptià del Massís de Garraf té característiques pròpies que el fan diferent de l'Aptià del sud de Catalunya i de la Zona d'Enllaç, principalment en fàcies i estratigrafia. L'elevat grau de fracturació que presenten els materials aptians, amb la impossibilitat de poder aixecar cap secció estratigràfica contínua i completa, ha estat la dificultat més gran. Però malgrat això, els resultats han permès establir una base biostratigràfica fiable que dóna suport cronostratigràfic a les unitats cartogràfiques i litostratigràfiques.

El treball de revisió s'ha dividit en dues parts. La primera part d'aquest treball és l'estudi estratigràfic dels materials aptians que es presenta en aquest volum. Mentre que la segona part va en un altre volum i tracta dels temes concrets per cada full: 1) les llegendes de les unitats cartogràfiques, 2) esquema de les relacions estratigràfiques i 3) les columnes estratigràfiques sintètiques de totes les unitats cartogràfiques.

La Part I del treball que es presenta en aquest volum consta de dos capítols, que segueixen als d'introducció i marc geològic. En el primer capítol s'exposa l'estudi biostratigràfic. El segon està dedicat a les unitats cartogràfiques aptianes, la seva caracterització i les relacions amb les unitats litostratigràfiques. El treball de camp ha consistit en l'aixecament de quinze

seccions estratigràfiques detallades sobre les quals s'han realitzat els mostrejos.

MARC GEOLÒGIC

La Cadena ibèrica i la Cadena Costanera Catalana es van formar per inversió de la Conca ibèrica i Catalana durant el Palegen. Aquestes dues conques es van desenvolupar durant el segon cicle de rifting mesozoic que va afectar a les conques peritetisianes d'Ibèria entre el Juràssic superior i el Cretaci inferior. Aquest cicle es pot subdividir en tres polsos de rifting que van controlar el desenvolupament de les sis grans àrees de sedimentació o conques molt subsidents del NE d'Ibèria: 1) Cantàbrica, 2) Cameros, 3) del Maestrat, 4) Sud-ibèrica, 5) Perelló-Salaou-Garraf, i 6) la conca dels Columbrets (Fig. 1).

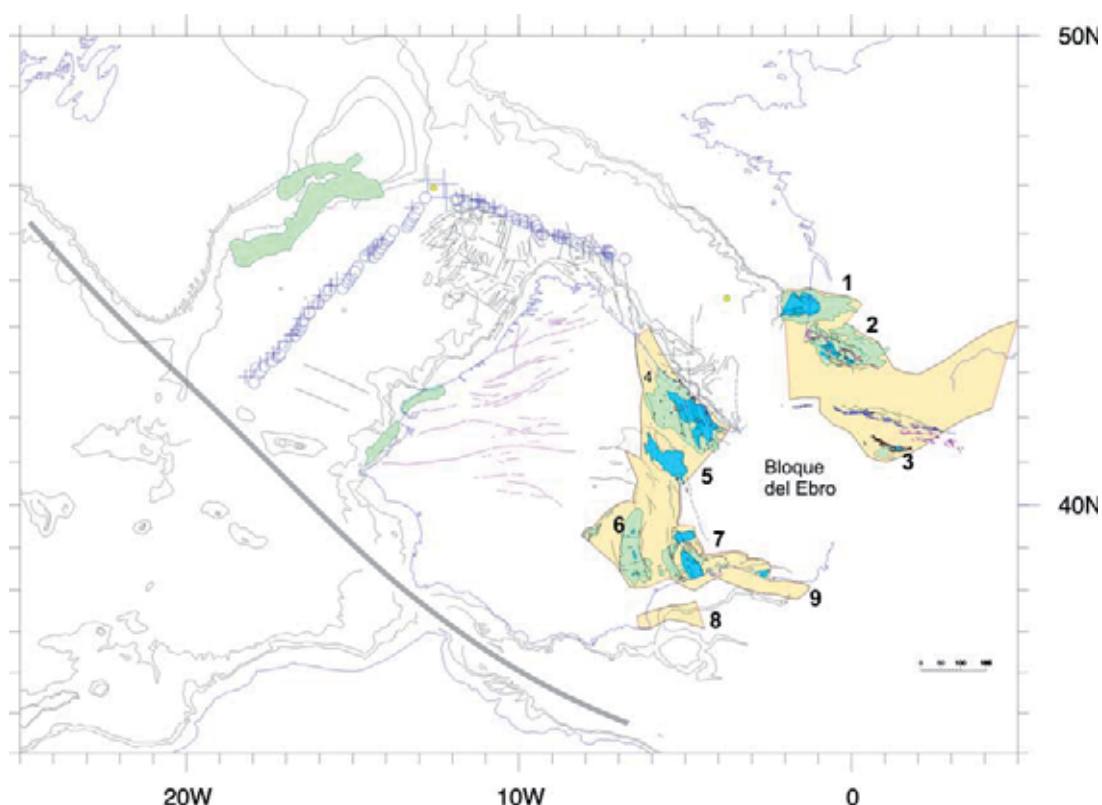


FIG. 1.- Reconstrucció paleogeogràfica d'Ibèria durant l'anomalia magnètica M0r (120 MA, Aptià inferior basal) segons J. García-Senz (2007). El Golf de Biscaia ha començat la seva oceanització i es propaga a través de l'escorça continental per dues alineacions de fosses: el rift pirenaic i el rift iberico-català, separades per el Bloc de l'Ebre. Les alineacions de fosses estan formades per conques individualitzades limitades per falles que es relleven espacialment, 1: Parentis, 2: Arzacq, 3: Organyà, 4: Cantàbrica, 5: Cameros, 6: Ibèrica sud-oriental, 7: Maestrat, 8: Columbrets, 9: Perelló-Garraf. Geologia adaptada sobre la reconstrucció de Sibuet (2004).

El cicle de rifting Juràssic superior-Cretaci inferior es va desenvolupar amb la deformació extensiva intraplaca que es va produir en relació amb l'obertura de l'Atlàntic Central i la seva propagació cap el domini de l'Atlàntic Nord. Mentre, en el Golf de Biscaia, el règim tectònic transtensiu culminà a l'Aptià mitjà amb la separació cortical i l'inici de l'obertura oceànica (Salas, 2001).

El rebliment sedimentari sinrift sobrepasa els 4 km de potència a les conques del Maestrat i Cameros. A la conca del Maestrat la successió sedimentària sinextensiva es caracteritza pel predomini dels dipòsits carbonàtics marins d'aigües somes, els quals va ser interromputs per sistemes clàstics durant l'Aptià basal i l'Albià. No obstant això, la sedimentació terrígena siliciclàstica predomina en el marge occidental de la conca durant l'interval Juràssic terminal-Barremià mitjà, amb les fàcies Purbeck i Weald.

A la conca de Cameros, el rebliment sinrift està format majoritàriament per dipòsits fluvials i lacustres, amb incursions marines somes molt ocasionals. La conca Sud-ibèrica va acumular més de 2 km de sediments sinextensius de fàcies semblants a les de la conca del Maestrat.

A la conca del Perelló-Salou-Garraf la successió sedimentària sinrift abasta els 2 km de potència. El sector del Perelló és més subsident que el de Garraf, existint entre aquests dos dominis una zona de llindar que compren l'àrea del Priorat-Muntanyes de Prades-Salou-Tarragona, on els materials del Juràssic superior-Cretaci inferior no hi son o estan molt poc representats. Aquests materials es caracteritzen per la preponderància de carbonats marins d'aigües somes amb etapes de carbonats d'aigua dolça durant el Berriasià superior, Barremià inferior i l'Aptià basal.

La transgressió més important es produeix durant l'Aptià inferior i mitjà, amb la sedimentació de potents trams margosos rics en ammonits i esponges. L'entrada de terrígens siliciclàstics es manifesta a l'Albià amb la sedimentació de la Fm Montmell (Fàcies Utrillas). La llacuna estratigràfica que compren una

part del Neocomià es manifesta també a Garraf, de la mateixa manera que en altres conques de la Cadena Ibèrica.

Els treballs que fan referència al Massís de Garraf i del Montmell i que poden ser considerats com clàssics en el coneixement la geologia regional de l'àrea estudiada són els de Bataller (1958), Ferrer (1966), Rat (1966), Calzada y Via (1971), Esteban (1970), Moreno de Castro (1973), Esteban (1973), Canérot y Calzada (1973), Guimerà (1982) i Salas (1987). Tots estan d'acord amb la presència de d'una potent successió de materials mesozoics que comprendria des del Triàsic al Cenomanià i hi ha unanimitat en el reconeixement de la presència de materials aptians. Això no obstant, no hi ha massa acord amb els materials del Juràssic inferior i mitjà, Neocomià i Barremià, on les atribucions cronostatigràfiques són molt variables segons els autors.

La caracterització biostratigràfica de la successió berriasià-barremiana va ser establerta recentment per Albrich *et al.* (2006). En aquest treball, desenvolupat en el marc de l'Institut Cartogràfic de Catalunya de cara a fer el MGC25M del Massís de Garraf, s'aporten també dades que suporten l'atribució de les dolomies de Garraf (dolomies negres i la Fm de la Pleta) al Juràssic superior-Berriasià inferior.

Però malgrat el reconeixement de la presència de materials aptians al Massís de Garraf des d'antic, aquests no havien estat mai ben caracteritzats fins ara, ni litostratigràfica ni biostratigràficament.

BIOSTRATIGRAFIA

Una gran part de l'estudi biostratigràfic s'ha realitzat mitjançant l'anàlisi dels ammonoideus, sobretot pel que fa a la unitat litostratigràfica de les margues de Vallcarca, que correspon a la unitat cartogràfica 12. La biozonació dels ammonits de l'Aptià, ara per ara, és la que permet la precisió més alta de

tots els grups fòssils de l'època. Per l'estudi biostratigràfic dels ammonoideus s'ha utilitzat la biozonació mediterrània estàndard de Reboulet *et al. in press*.

Antecedents

Els ammonits aptians del Massís del Garraf són coneguts des d'antic. Almera (1895) va establir la primera estratigrafia del Cretaci inferior del Garraf i va citar alguns ammonits. Kilian (1898) donà un llistat d'ammonits procedents de la Vall, remesos pel Dr. Almera. Faura i Sans (1923) en la memòria del mapa geològic de Vilanova i la Geltrú aportà un llistat dels ammonits aptians. Posteriorment, Bataller (1962) va realitzar un treball monogràfic sobre els ammonits aptians del Garraf. Calzada (1974) donà a conèixer alguns ammonits de l'Aptià que recollí al massís durant la realització de la seva tesi doctoral. Martínez, Grauges & Salas (1994) realitzaren un treball biostratigràfic de síntesi dels ammonits del Cretaci inferior de la Cadena Costanera Catalana i Ibèrica Oriental, citant alguns ammonits de l'àrea que ens ocupa. Calzada, Campuzano & Urquiola (1996) elaboraren un treball taxonòmic sobre uns ammonits aptians que van recol·lectar a Olèrdola.

Recentment, Moreno (2005 inèdit) va revisar de forma monogràfica els ammonits aptians del Garraf. El mateix autor (2007a) va estudiar des d'un punt de vista biostratigràfic els ammonits de l'Aptià més basal que apareixen al Garraf, Biozona *Deshayesites weissi*, datant així l'inici de l'etapa d'aprofundiment de l'Aptià inferior. Moreno (2007b) va tractar els ammonits aptians del massís des de un punt de vista biostratigràfic. García, Moreno & Araguz (2007) aporten noves dades sobre els ammonits aptians del Garraf i Moreno & Company (2007) caracteritzen la presència de dimorfisme sexual en l'ammonit índex *Deshayesites deshayesi* (Leymerie *in* d'Orbigny) a partir de material de diverses àrees i del Garraf. Moreno (2007c) va revisar des d'un punt de vista taxonòmic diverses espècies de *Deshayesites* procedents de l'Aptià inferior, Biozona *Deshayesites deshayesi* del Garraf. Moreno-Bedmar *et al.* (2008) presenten una bioestratigrafia integrada de l'Aptià del Garraf. Moreno-Bedmar *et al.* (en premsa) estudien amb detall els ammonits de la

secció de Can Casanyes. Moreno-Bedmar & García (en premsa) estudien els ammonits de la Serra del Papiol recol·lectats mitjançant un mostreig sistemàtic.

Metodologia

L'elaboració del present estudi biostratigràfic es fonamenta en la revisió exhaustiva dels antecedents i l'anàlisi dels ammonits recol·lectats en les diverses campanyes de camp, dipositats en la Col·lecció de Paleontologia de la Universitat Autònoma de Barcelona (PUAB). També es basa en la revisió de les col·leccions del Museu de Geologia de Barcelona (MGB), Museu Geològic del Seminari de Barcelona (MGSB), Museu de Vilafranca, Museu del Vi (MV) i les col·leccions particulars de Santiago Araguz (SA) i Mas del Artís (MA). Cal destacar que pràcticament tots els ammonits citats des de temps d'Almera es conserven i han pogut ser consultats, menys una petita part que sembla ser que es va perdre durant la Guerra Civil.

Biozonació del registre aptià

El treball biostratigràfic més exhaustiu i modern sobre els ammonits de l'Aptià del Garraf és el de Moreno, (2007b) on es reconeixen fins a sis biozones d'ammonits *Deshayesites weissi*, *Deshayesites deshayesi*, *Dufrenoyia furcata* (Aptià inferior), *Epicheloniceras subnodoscostaum*, *Parahoplites melchioris* (Aptià mitjà) i *Nolaniceras nolani* (Aptià superior). Basant-se en el esquema bioestratigràfic de Hoedemaeker *et al.* (2003).

Per la realització de la present memòria s'ha dut a terme una revisió crítica de la biozonació proposta per Moreno (2007b) en base al nou esquema biostratigràfic proposat per Reboulet *et al. in press.* S'han reconegut les següents biozones:

- **BIOZONA *DESHAYESITES WEISSI***
- **BIOZONA *DESHAYESITES DESHAYESI***
- **BIOZONA *DUFRENOYIA FURCATA***

- **BIOZONA *EPICHELONICERAS MARTINI***
- **BIOZONA *PARAHOPLITES MELCHIORIS***
- **BIOZONA *ACANTHOHOPLITES NOLANI***

Biozona *Deshayesites weissi*.

A la localitat clàssica del Ferreny (Fondo del Tennis 31 X: 394009.0, Y: 4575360.0 i Fondo Gran de Cal Ferreny 31 X: 394158.0, Y: 4575360.0; Serra del Papiol) s'ha reconegut un exemplar de *Roloboceras hambrovi* (Forbes) Làm. 1, figs. A-B. En la secció propera del Fondo de la Berra (31 X: 394047.0, Y: 4575073, Serra del Papiol) s'ha recol·lectat *Pseudosaynella* sp. La primera aparició de les espècies atribuïbles al gènere *Pseudosaynella* sol ser característica de la part alta de la biozona *Deshayesites weissi* (Casey, 1961).

A la secció de Mas Ricard 1 (31 X: 389362.0, Y: 4566120.5) s'han reconegut unes margocalcàries immediatament suprajacents a la Unitat Calcàries i margues del Peu de la Serra on s'ha recol·lectat: *Deshayesites* gr. *normani* Casey; *Ptychoceras* sp. Làm. 1, fig. C; *Toxoceratoides royerianum* (d'Orbigny) Làm. 1, fig. D i *Cheloniceras cornuelianum* (d'Orbigny) Làm. 1, figs. E-F.

Biozona *Deshayesites deshayesi*.

Aquesta biozona s'ha reconegut a la Serra del Papiol a la localitat clàssica del Ferreny (Fondo del Tennis 31 X: 394009.0, Y: 4575360.0 i Fondo Gran de Cal Ferreny 31 X: 394158.0, Y: 4575360.0; Serra del Papiol) i la nova secció del Fondo de la Berra (31 X: 394047.0, Y: 4575073): *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) Làm. 1, figs. G.-H; Làm. 2, figs. A-F; Làm. 3, fig. A; Làm. 4, fig. A; Làm. 5, figs. A-B; Làm. 8, fig. B; *Cheloniceras cornuelianum* (d'Orbigny) i *Pseudohaploceras matheroni* (d'Orbigny) Làm. 5, fig. C.

De l'explotació cimentera de la Vall (31 X: 390042.0, Y: 4573479.0) en el MV, MGSB i MGB s'ha reconegut: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) i *Hamiticerias carcitanense* (Matheron) Là. 5, fig. D.

Biozona *Dufrenoyia furcata*.

A la secció de Can Casanyes (31 X: 388894.0, Y: 4569992.50); *Dufrenoyia* sp. Là. 5, fig. E; *Lytoceras* sp. Là. 5, fig. F ; *Phylloceras ponticuli* (Rousseau) Là. 9, fig. F; *Cheloniceras meyendorffi* (d'Orbigny) Là. 6, figs. A; *Cheloniceras mackesoni* Casey; *Cheloniceras cornelianum* (d'Orbigny) i *Colombiceras crassicosatus* (d'Orbigny) Là. 9, fig. A.

De la secció del Mas del Artís (31 X: 390681.0, Y: 4568600.5) *Cheloniceras mackesoni* Casey Là. 7, fig. H.

De la secció de Coma Pineda (31 X: 388022.5, Y: 4569270.5) s'ha reconegut *Tonohamites aequicingulatus* (Koenen) Là. 6, figs. B-C i *Cheloniceras meyendorffi* (d'Orbigny) Là. 6, fig. I.

De la zona de les Mesquites, camí de les Mesquites (31 X: 389958.5, Y: 4567912.0), també s'ha reconegut un exemplar de *Aconeceras nisus* (d'Orbigny) Là. 8, figs. E-F; *Cheloniceras meyendorffi* (d'Orbigny) Là. 6, fig. G juntament amb *Tonohamites* sp. Là. 6, fig. D.

De la vinya sota de Casa Alta (31 X: 38898.3, Y: 4570232.0) *Cheloniceras meyendorffi* (d'Orbigny) Là. 8, fig. A.

De la zona de la Vall (31 X: 390042.0, Y: 4573479.0) *Dufrenoyia* sp. i *Cheloniceras meyendorffi* (d'Orbigny).

De Vallcarca (31 X: 405404.0, Y: 4567761.0), al MGSB, hi ha un exemplar de *Cheloniceras meyendorffi* (d'Orbigny).

De la secció de Can Mercer (31 X: 402830.0, Y: 4570193.0) *Colombiceras crassicostatus* (d'Orbigny) i *Chelonicerias meyerendorffi* (d'Orbigny).

De la zona de Can Grau (31 X: 402833.5, Y: 4573686.0), al MV, hi ha un exemplar de *Chelonicerias meyerendorffi* (d'Orbigny).

Del terme municipal de Castellet (no es coneix la localitat de forma més concreta), es conserva al MGB, un exemplar de *Chelonicerias mackesoni* Casey Là. 8, fig. G.

Biozona *Epicheloniceras martini*.

De la secció del Mas del Artís (31 X: 390681.0, Y: 4568600.5): *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny) Là. 6, fig. H; *Epicheloniceras buxtorffi* Casey Là. 6, fig. E; *Colombiceras crassicostatus* (d'Orbigny); *Ammonitoceras* sp Là. 7, fig. A i *Hamiticerias carcitanense* (Matheron) Là. 6, fig. F.

De la secció de les Mesquites (31 X: 390179.0, Y: 4568659.0) *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny); *Colombiceras crassicostatus* (d'Orbigny) Là. 7, fig. C; *Colombiceras* cf. *tobleri* (Sinzow) Là. 9, fig. G; *Ammonitoceras* sp Là. 7, fig. B; *Hamiticerias carcitanense* (Matheron); *Mathoceras* sp. 1 (macroconquilla) Là. 7, fig. D i *Mathoceras venezolanum* Renz, Là. 9, fig. B.

De la secció de Can Casanyes (31 X: 388894.0, Y: 4569992.50) *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny) Là. 9, fig. E; *Colombiceras crassicostatus* (d'Orbigny); *Pseudohaploceras matheroni* (d'Orbigny) Là. 7, fig. E; *Tonohamites aequicingulatus* (Koenen) Là. 9, fig. C i *Hamiticerias carcitanense* (Matheron).

De la secció de Pujol Florit (31 X: 388235.0, Y: 4569568.5) *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny) Là. 7, fig. G.

De la secció de Can Mercer (31 X: 402830.0, Y: 4570193.0)
Epicheloniceras martini (d'Orbigny).

De l'explotació cimentera de la Vall (31 X: 390042.0, Y: 4573479.0)
Epicheloniceras martini (d'Orbigny) Làm. 7, fig. F.

De Can Ferrer (Canyelles) (31 X: 392159.5, Y: 4570346.5), al MV, hi ha un exemplar de *Colombiceras* cf. *tobleri* (Sinzow).

Biozona *Parahoplites melchioris*.

A la secció de Can Casanyes (31 X: 388894.0, Y: 4569992.50) s'ha reconegut *Parahoplites melchioris* Anthula, Làm. 8, figs. C-D i *Toxoceratoides* sp.

De la secció del Mas del Artís (31 X: 390681.0, Y: 4568600.5)
Parahoplites melchioris Anthula.

Biozona *Acanthohoplites nolani*:

De Can Almirall de la Font (31 X: 399403.5, Y: 4571032.5), al MGSB hi ha un exemplar determinable com *Diadochoceras* sp. Làm. 9, fig. D.

		Biozones d'ammonits
Aptià inf.	<i>D. weissii</i>	<i>Roloboceras hambrovi</i> <i>Deshayesites cf. normani</i> <i>Ptychoceras</i> sp. <i>Toxoceratooides royerianus</i> <i>Pseudosaynella</i> sp. <i>Chelonicerias cornuelianum</i> <i>Deshayesites deshayesi</i> <i>Pseudohaploceras matheroni</i> <i>Hamiticeras carciense</i> <i>Lytoceras</i> sp.
	<i>D. deshayesi</i>	<i>Phylloceras ponticuli</i> <i>Chelonicerias meyndorffi</i> <i>Chelonicerias mackesoni</i> <i>Tonohamites aequilingulatus</i> <i>Tonohamites</i> sp. <i>Dufrenoyia</i> sp.
	<i>D. furcata</i>	<i>Epicheloniceras martini</i> <i>Epicheloniceras buxtorffi</i> <i>Colombiceras crassicoelatus</i> <i>Ammonitoceras</i> sp. <i>Mathoceras</i> sp. 1 <i>Mathoceras venezolanum</i> <i>Colombiceras cf. tobleri</i> <i>Parahoplites melchioris</i> <i>Toxoceratooides</i> sp. <i>Diadochoceras</i> sp.
Aptià mit.	<i>E. martini</i>	
	<i>P. melchioris</i>	
Aptià sup.	<i>A. nolani</i>	

Fig 2.- Distribució biostratigràfica de les vint-i-sis espècies d'ammonits aptians reconegudes al Massís de Garraf.

Làmina 1

Figures A-B: *Roloboceras hambrovi* Forbes vista lateral i ventral, respectivament, de l'exemplar MV 3887 procedent del Farreny.

Figura C: *Ptychoceras* sp. vista lateral de l'exemplar PUAB 68327 procedent de Mas Ricard.

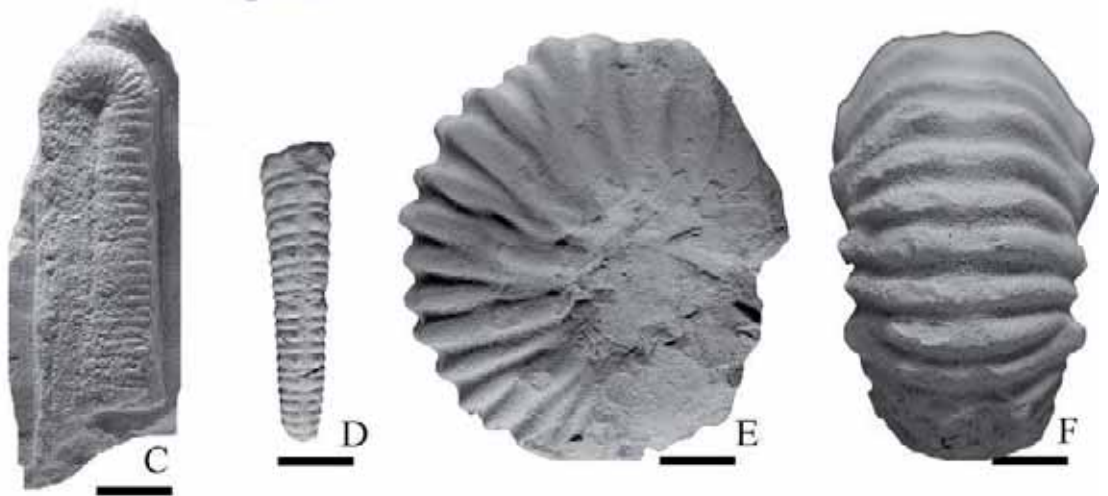
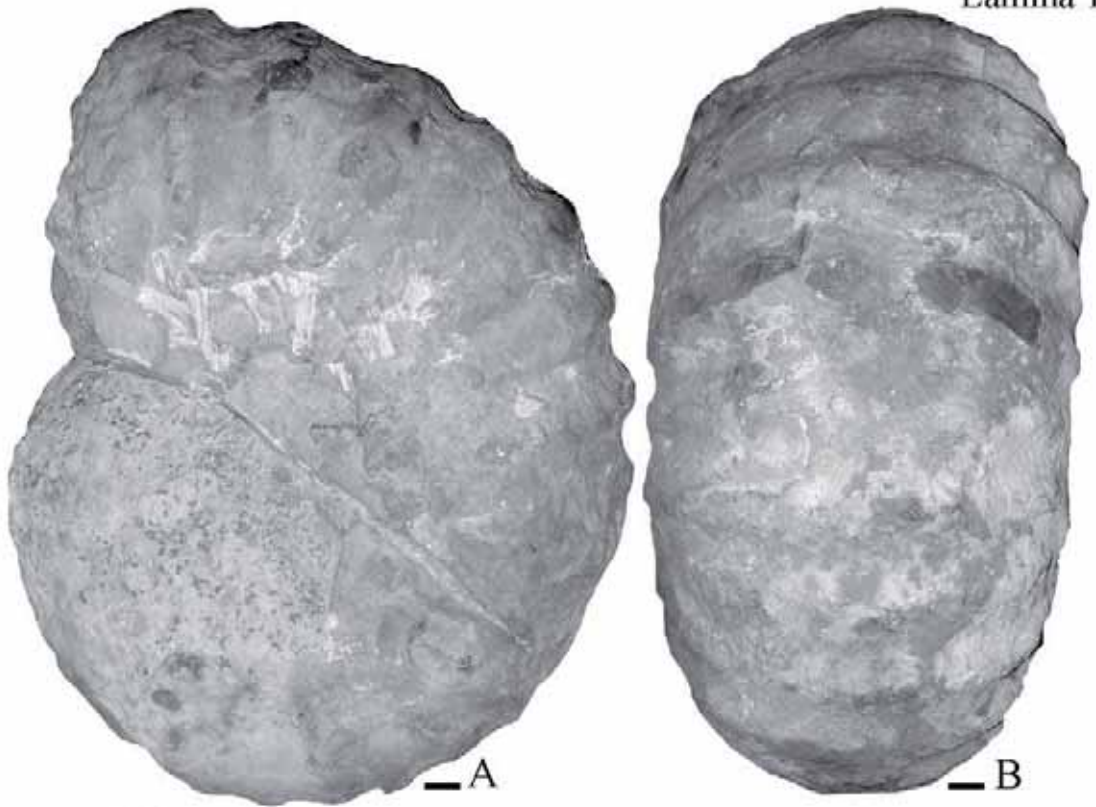
Figura D: *Toxoceratoides royerianum* (d'Orbigny) vista ventral de l'exemplar PUAB 68460 procedent de Mas Ricard.

Figures E-F: *Cheloniceras cornuelianum* (d'Orbigny) vista lateral i ventral, respectivament, de l'exemplar PUAB 68328 procedent de Mas Ricard.

Figura G: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie *in* d'Orbigny) (microconquilla) vista lateral de l'exemplar MGSB 12094-15 procedent del Farreny.

Figura G: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie *in* d'Orbigny) (microconquilla) vista lateral de l'exemplar MGSB 12094-16 procedent del Farreny.

Escala gràfica 1 cm.



Làmina 2

Figura A: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie *in* d'Orbigny) (macroconquilla) vista lateral de l'exemplar MGSB 12094 procedent del Farreny.

Figura B: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie *in* d'Orbigny) (macroconquilla) vista lateral de l'exemplar MGSB 12092-2 procedent del Farreny.

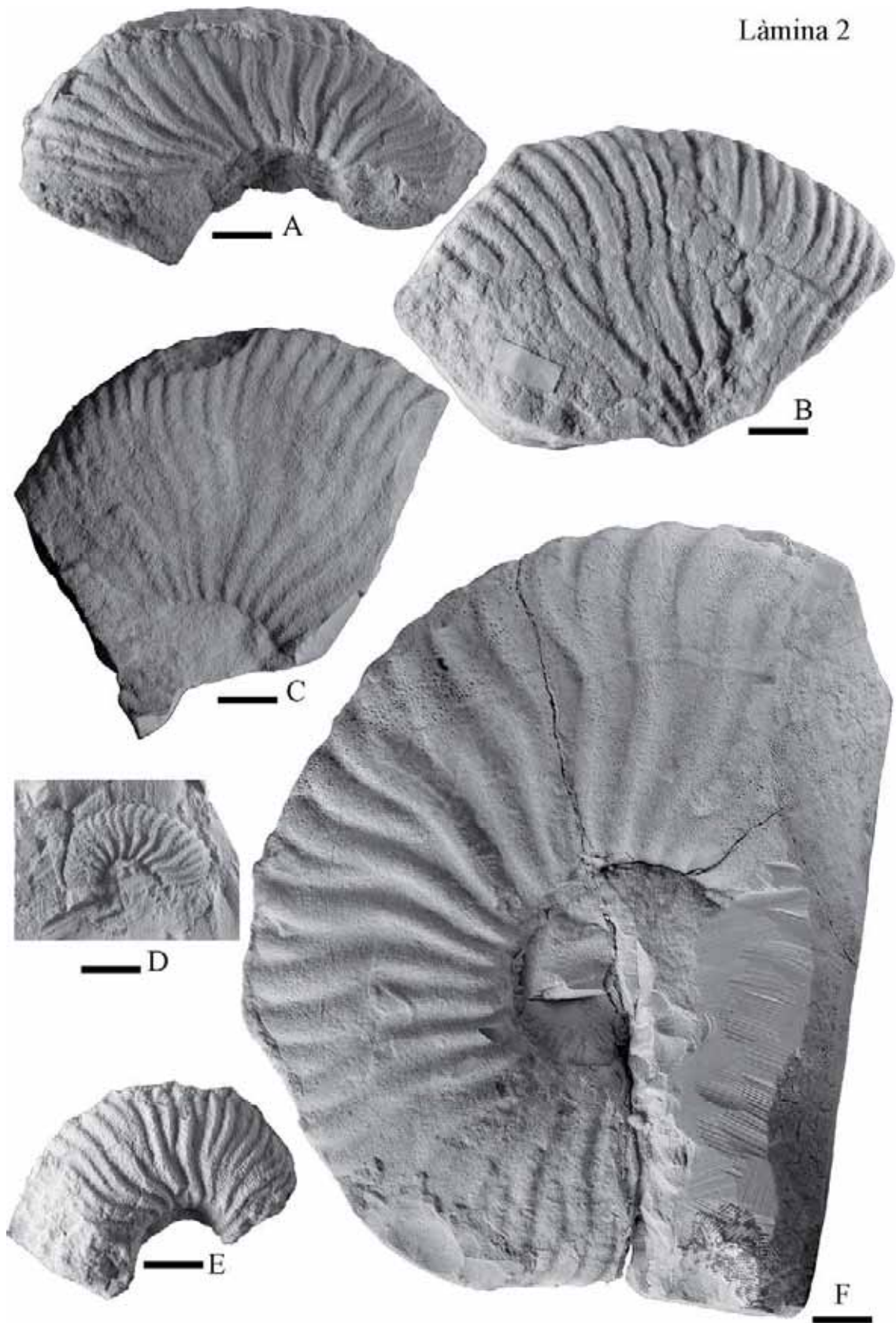
Figura C: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie *in* d'Orbigny) (macroconquilla) vista lateral de l'exemplar PUAB 68393 procedent del Farreny.

Figura D: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie *in* d'Orbigny) vista lateral de l'exemplar PUAB 68429 procedent del Farreny.

Figura E: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie *in* d'Orbigny) (macroconquilla) vista lateral de l'exemplar MGSB 12094-7 procedent del Farreny.

Figura F: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie *in* d'Orbigny) (macroconquilla) vista lateral de l'exemplar PUAB 68310 procedent del Farreny.

Escala gràfica 1 cm.



Làmina 3

Figura A: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) (macroconquilla) vista lateral de l'exemplar MGSB 13848-1 procedent del Farreny.

Escala gràfica 1 cm.



Làmina 4

Figura A: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie *in* d'Orbigny)
(macroconquilla) vista lateral de l'exemplar PUAB 68430 procedent del Farreny.

Escala gràfica 1 cm.



Làmina 5

Figura A: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) (macroconquilla) vista lateral de l'exemplar MGSB 12094-2 procedent del Farreny.

Figura B: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) (microconquilla) vista lateral de l'exemplar MGSB 12534-2 procedent del Farreny.

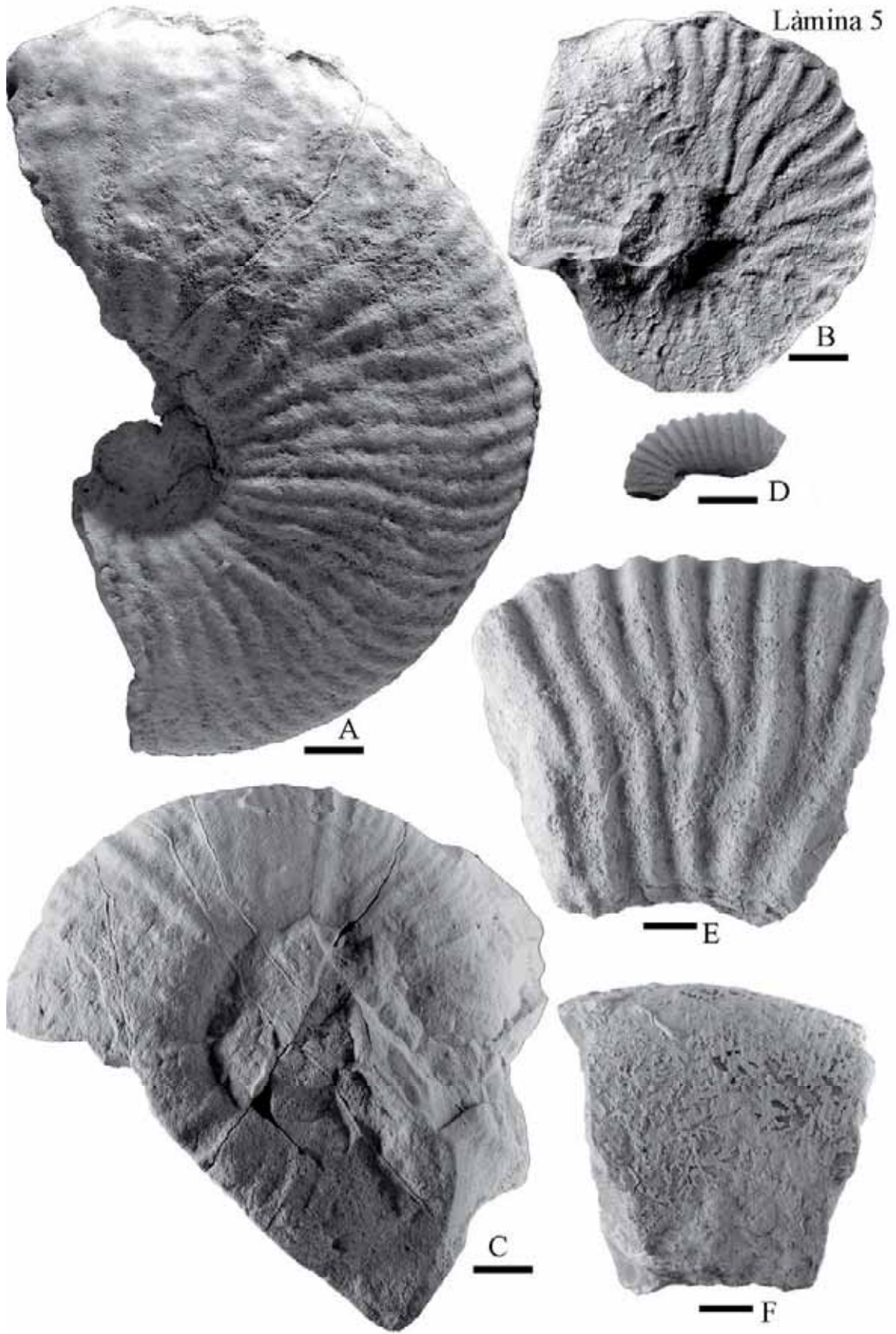
Figura C: *Pseudohaploceras matheroni* (d'Orbigny) vista ventral de l'exemplar PUAB 68312 procedent del Farreny.

Figures D: *Hamiticeras carcitanense* (Matheron) vista lateral de l'exemplar MV 3850 procedent de la Vall.

Figura E: *Dufrenoyia* sp. vista lateral de l'exemplar PUAB 68427 procedent de Can Casanyes.

Figura F: *Lytoceras* sp. vista lateral de l'exemplar PUAB 68340 procedent de Can Casanyes.

Escala gràfica 1 cm.



Làmina 6

Figura A: *Cheloniceras meyendorffi* (d'Orbigny) vista ventral de l'exemplar PUAB 69488 procedent de Can Casanyes.

Figura B: *Tonohamites aequicingulatus* (Koenen) vista lateral de l'exemplar SA 20 procedent de Coma Pineda.

Figura C: *Tonohamites aequicingulatus* (Koenen) vista lateral de l'exemplar PUAB 68431 procedent de Coma Pineda.

Figura D: *Tonohamites* sp. vista lateral de l'exemplar PUAB 68379 procedent de Les Mesquites.

Figura E: *Epicheloniceras buxtorffi* Casey vista lateral de l'exemplar PUAB 68426 procedent del Mas del Artís.

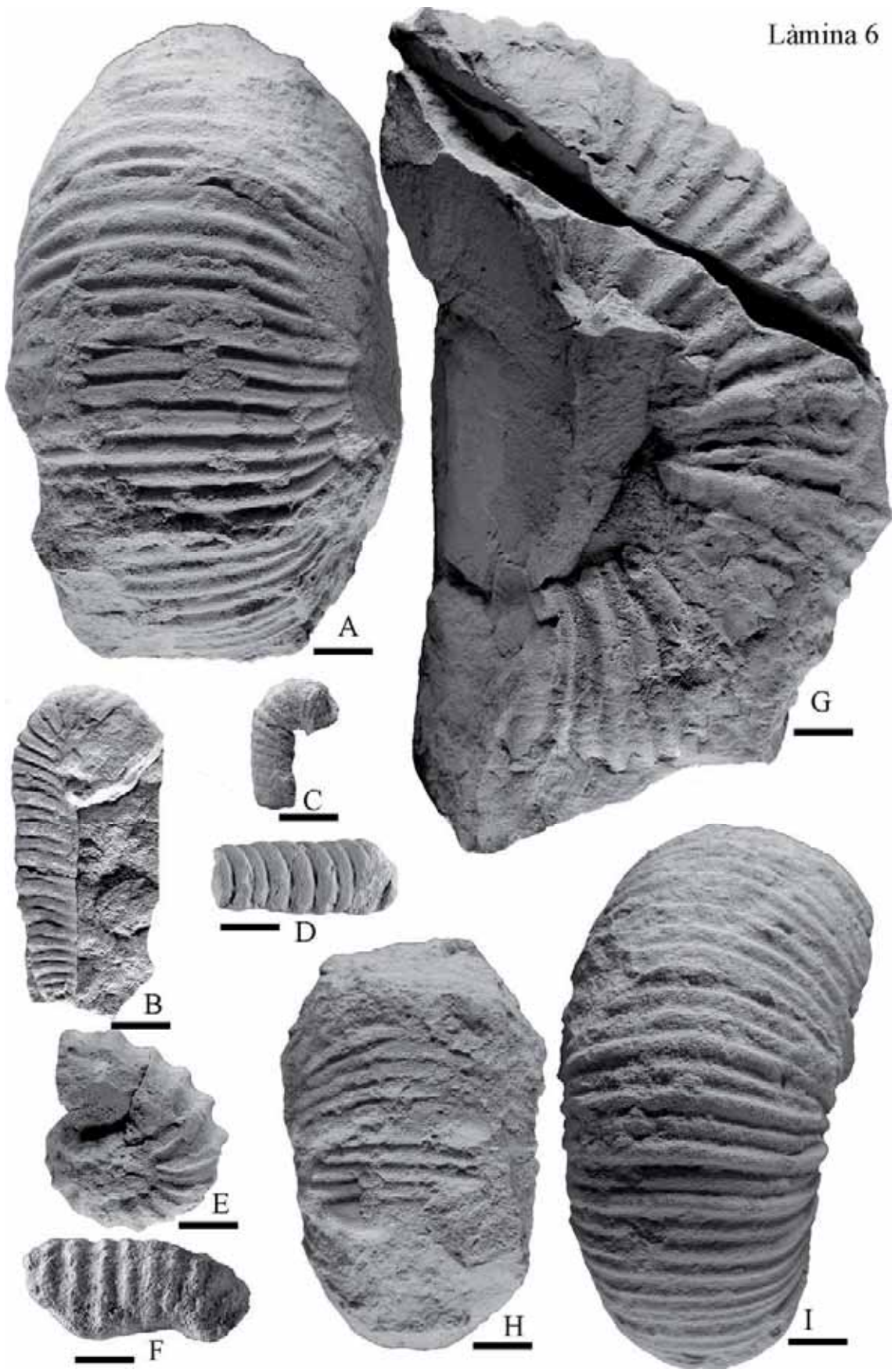
Figura F: *Hamiticeras carcitanense* (Matheron) vista lateral de l'exemplar PUAB 48644 procedent del Mas del Artís.

Figura G: *Cheloniceras meyendorffi* (d'Orbigny) vista lateral de l'exemplar PUAB 68354 procedent del camí de les Mesquites.

Figura H: *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny) vista ventral de l'exemplar PUAB 68341 procedent del Mas del Artís.

Figura I: *Cheloniceras meyendorffi* (d'Orbigny) vista ventral de l'exemplar SA 17 procedent de Coma Pineda.

Escala gràfica 1 cm.



Làmina 7

Figura A: *Ammonitoceras* sp. vista lateral de l'exemplar SA 16 procedent del Mas del Artís.

Figura B: *Ammonitoceras* sp. vista lateral de l'exemplar PUAB 68462 procedent de Les Mesquites.

Figura C: *Colombiceras crassicostatus* (d'Orbigny) vista lateral de l'exemplar SA 22 procedent de Les Mesquites.

Figura D: *Mathoceras* sp.1 vista lateral de l'exemplar PUAB 68357 procedent de Les Mesquites.

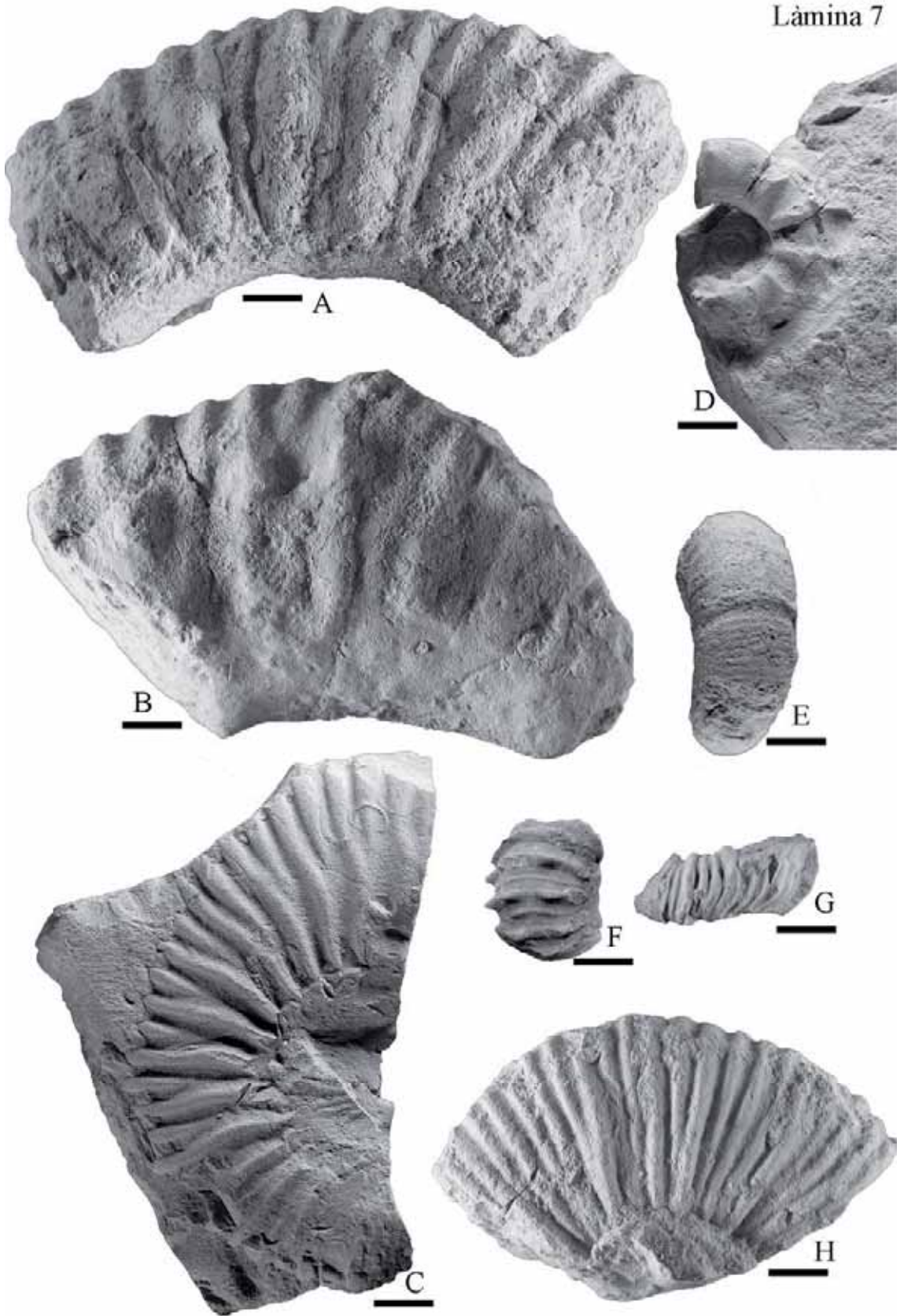
Figura E: *Pseudohaploceras matheroni* (d'Orbigny) vista ventral de l'exemplar PUAB 68503 procedent de Can Casanyes.

Figura F: *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny) vista ventral de l'exemplar MV 3809 procedent de la Vall.

Figura G: *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny) vista ventral de l'exemplar PUAB 68425 procedent de Pujol Florit.

Figura H: *Cheloniceras mackesoni* Casey vista lateral de l'exemplar PUAB 68396 procedent del Mas del Artís.

Escala gràfica 1 cm.



Làmina 8

Figura A: *Cheloniceras meyendorffi* (d'Orbigny) vista ventral de l'exemplar PUAB 68461 procedent de Casa Alta.

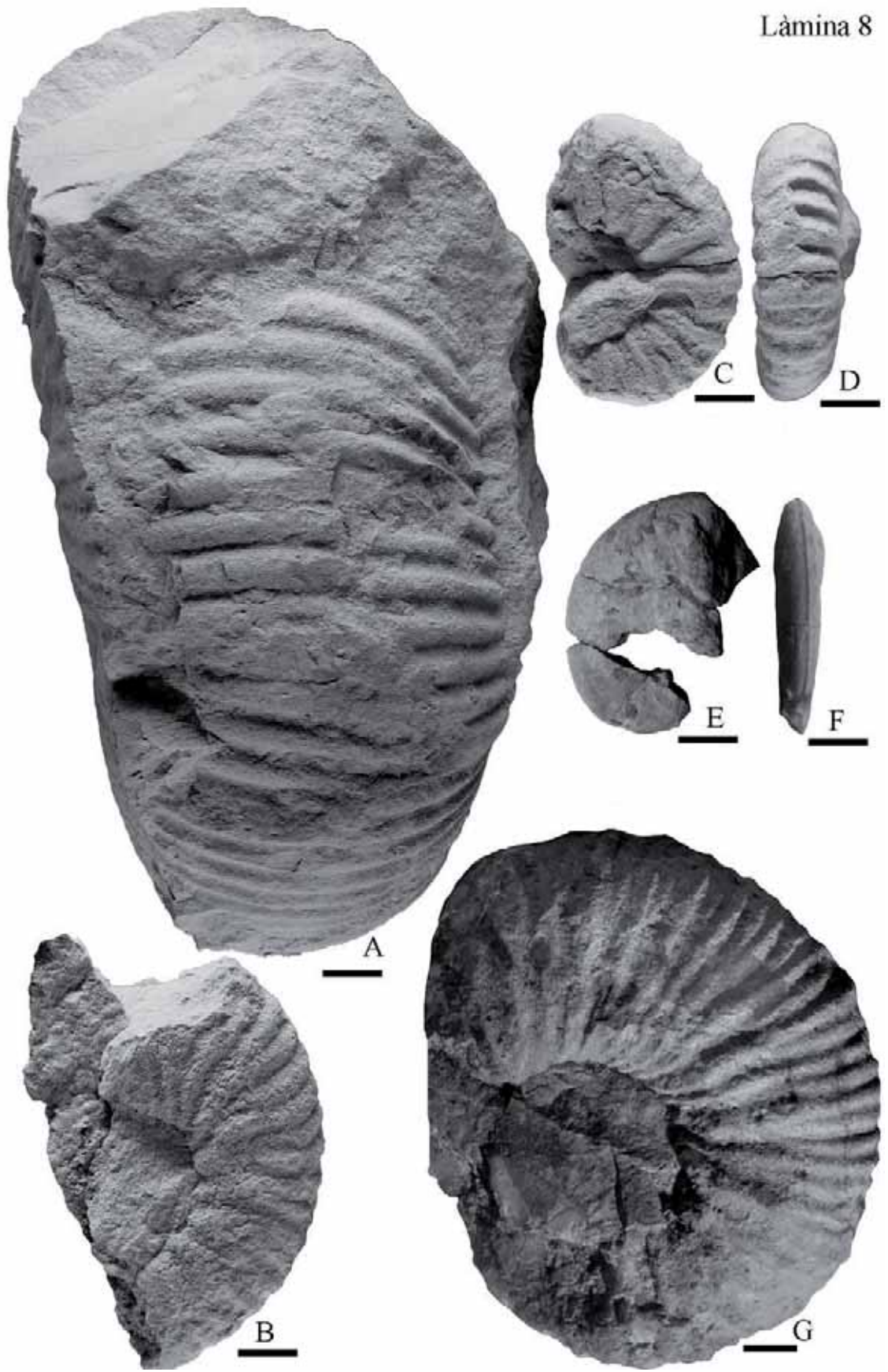
Figura B: *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) (macroconquilla) vista lateral de l'exemplar SA 12 procedent del Farreny.

Figura C-D: *Parahoplites melchioris* (Anthula) vista lateral i ventral, respectivament, de l'exemplar PUAB 68348 procedent del Mas del Artís.

Figura E-F: *Aconeceras nisus* (d'Orbigny) vista lateral i ventral, respectivament, de l'exemplar PUAB 68381 procedent del camí de les Mesquites.

Figura G: *Cheloniceras mackesoni* Casey vista lateral de l'exemplar MGB 20538 de l'antiga col·lecció Almera procedent de Castellet.

Escala gràfica 1 cm.



Làmina 9

Figura A: Figura A: *Colombiceras crassicostatum* (d'Orbigny) vista lateral de l'exemplar PUAB 68525 procedent de Can Casanyes.

Figura B: *Mathoceras venezolanum* Renz vista lateral i ventral de l'exemplar PUAB 68377 procedent de les Mesquites.

Figura C: *Tonohamites aequicingulatus* (Koenen) vista lateral de l'exemplar PUAB 68527 procedent de Can Casanyes.

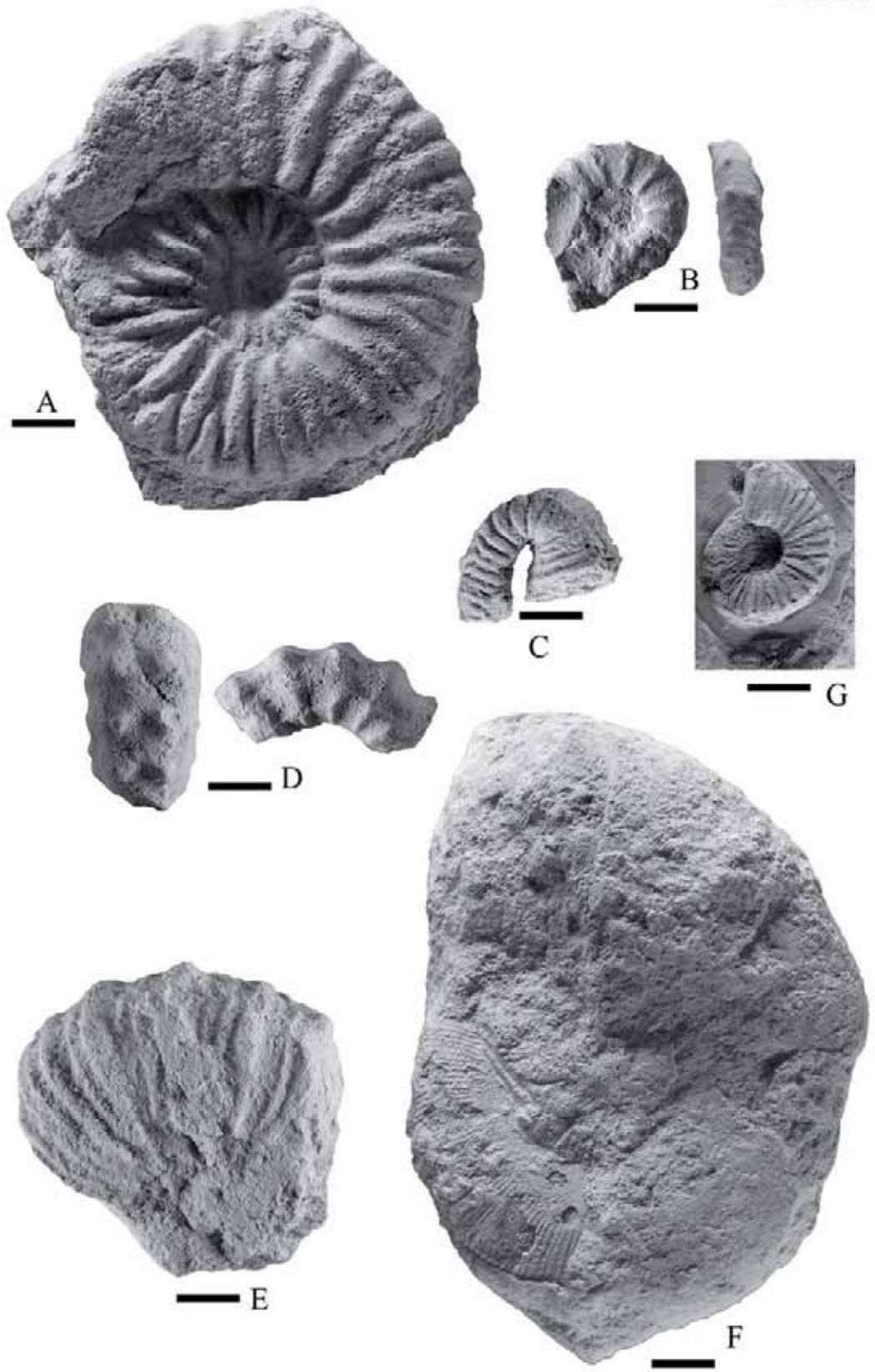
Figures D: *Diadochoceras* sp. vista lateral i ventral de l'exemplar MGSB 6759 procedent de Can Almirall de la Font.

Figura E: *Epicheloniceras martini* (d'Orbigny) vista ventral de l'exemplar PUAB 68498 procedent de Can Casanyes.

Figura F: *Phylloceras ponticuli* (Rousseau) vista lateral de l'exemplar PUAB 68428 procedent de Can Casanyes.

Figura G: *Colmbiceras* cf. *tobleri* (Sinzow) vista lateral de l'exemplar PUAB 68371 procedent de les Mesquites

Escala gràfica 1 cm.



UNITATS CARTOGRÀFIQUES I LITOSTRATIGRÀFIQUES

En aquest capítol es proposen les noves unitats cartogràfiques i litostratigràfiques pels terrenys aptians del Massís de Garraf y es descriuen les seves principals característiques de: 1) nom, 2) estratotip, 3) edat, 4) fulls en els quals se la reconeix, i 5) breu descripció. A més, es donen les equivalències amb les unitats cartogràfiques antigues que van ser utilitzades per Salas *et al* (1994) en la cartografia original. Així mateix, també es mostren les equivalències amb les unitats litostratigràfiques aptianes de la conca del Maestrat i del Prebètic Cadascuna de les noves unitats cartogràfiques correspon a una unitat litostratigràfica (Fig. 3):

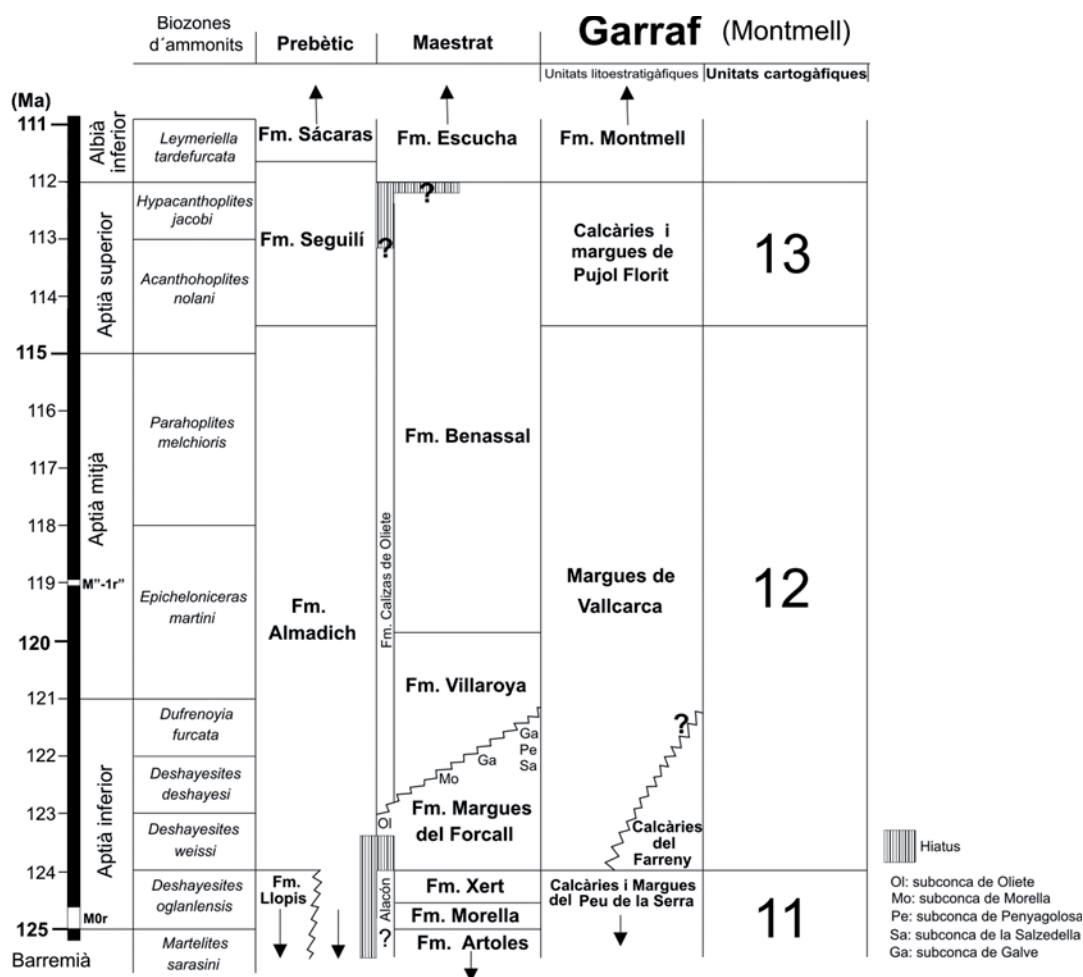


FIG. 3.- Cronostratigrafia de les unitats cartogràfiques (UC) aptianes del Massís de Garraf-Montmell. Equivalències amb la conca del Maestrat (Cadena Ibèrica oriental) i el Prebètic. UC 11: Calcàries i margues del Peu de la Serra, UC 12: Margues de Vallcarca, UC 13: Calcàries i margues del Pujol Florit.

Unitat cartogràfica 11: Calcàries i margues del Peu de la Serra

Nom de la unitat.- Deriva de la cota Peu de la Serra, 442 m (31 X: 403068, Y: 4574623). Correspon a l'antiga unitat cartogràfica de la Mola. El canvi de nom i localitat s'ha cregut necessari de fer atès que a la Mola no hi ha la unitat 11, sinó que correspon a un relleu format per un "casquet" de materials de la unitat 10 (Unitat Cartogràfica de la Morella) que es disposa sobre una base de materials també de la unitat 10, que faria d'autòcton relatiu, ja que correspon a una altra làmina de "casquet" inferior i més àmplia.

Secció tipus.- Es localitza a la pista asfaltada que va de la Plana Novella a Olivella, prop del mas de les Piques, base = (31 X: 403300, Y: 4573606), sostre = (31 X: 403121, Y: 4573891). La parasecció tipus és la secció de Jafre (Fig. 4), a uns 500 m al NE del poble, base = (31 X: 403003, 4571271), sostre = (X: 402846, Y= 4571207).

Edat.- Barremià superior-Aptià inferior (Bedulià, Figs. 3, 4).

Fulls en els quals es reconeix.- Majoritàriament es troba ben representada en els fulls: 448-1-1 i 447-2-1. Afloraments molt petits als fulls: 447-2-2 i 448-1-2.

Breu descripció.- Calcàries micrítiques (*wackestones*) beix clares estratificades en bancs mètrics que alternen amb passades mètriques margoses, fins a 100 m. Contenen abundants restes de rudistes requiènids, passades amb *Chondrodonta* y foraminífers bentònics: *Palorbitolina lenticularis*, miliòlids, entre altres. Cap a sostre es fan progressivament més lutítiques i les capes més primes.

Comentari.- La unitat cartogràfica 11 caracteritzada en l'estudi biostratigràfic que va fer l'equip de la UAB al 2005 (Albrich, 2006) no es correspon a la unitat cartografiada com 11 en el mapa de Salas et al (1994). La anomenada unitat 11 per l'equip de la UAB correspondria a una part de la unitat cartogràfica 10 de Salas et al (1994). L'equip de la UAB defineix la seva unitat cartogràfica 11 en la secció VII (Pla de Querol, sostre secció: 31 X: 407017, Y: 4570941) per la

primera aparició de *Palorbitolina lenticularis*. Això no obstant, la base de la unitat 11 cartografiada per Salas et al (1994) se situa estratigràficament per sobre i geogràficament uns 4 km, en línia recta, més a l'oest (Mas Llorenç, 31 X: 403022, Y: 4571043). Recapitulant: 1) la primera aparició de *Palorbitolina lenticularis* és un criteri cronostratigràfic, però no és un criteri per canviar els límits de la unitat cartogràfica 11; 2) la unitat cartogràfica 10 és molt potent, i als més de 600 m mesurats s'estima que s'han d'afegir aproximadament el doble. Aquesta xifra que pot semblar exagerada a primera vista, no ho és si es té en compte que durant el Barremià hi va haver una reactivació regional de la subsidència sinrift a Ibèria, amb potències al voltant dels 1000 m a la conca del Maestrat.

Unitat cartogràfica 12: Margues de Vallcarca

Nom de la unitat.- Prové de la pedrera de Vallcarca que explota l'empresa Uniland Cementera, S.A. (Sitges). Equival a les antigues unitats cartogràfiques 12, 12.1, 12.2 i 12.3 del mapa de Salas *et al.* (1994).

Secció tipus.- Se situa a la pedrera de Vallcarca. En el front de pedrera actualment abandonat que hi ha sota els Plans de Campdàsens. Base = (31 X: 405973, Y: 4567433), sostre prop de Can Robert = (31 X: 405973, Y: 4567820). Les paraseccions tipus (Fig. 4) són les seccions de Can Casanyes-Pujol Florit (31 X: 388894.0, Y: 4569992.50)-(31 X: 388235.0, Y: 4569568.5) i Mas de l'Artís (31 X: 390681.0, Y: 4568600.5), en les quals aflora el registre de les biozones de Furcata i Martini de la part alta de l'Aptià inferior i baixa del mitjà, respectivament. La part baixa de l'Aptià inferior només es troba ben datada per ammonits a Mas Ricard 1 (31 X: 389362.0, Y: 4566120.5).

Edat.- Aptià inferior (Bedulià) i mitjà (Gargasià). Aquesta unitat presenta el registre de ammonits de les biozones: *Deshayesites weissi*, *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata* de l'Aptià inferior, les biozones *Epicheloniceras martini* i *Parahoplites melchioris* l'Aptià mitjà i, probablement, la part baixa de la biozona *Acanthohoplites nolani* de l'Aptià superior (Figs. 3, 4).

Fulls en els quals es reconeix.- Principalment es troba representada en els fulls els fulls: 448-1-1 i 447-2-1.

Breu descripció.- Margues grises i gris-blavoses amb trams groguencs per alteració que alternen amb bancs decimètrics de margo-calcàries, calcisiltites i calcàries, fins a 250 m reconeguts amb sondejos a la pedrera de Vallcarca. En aflorament el centenar de metres basals acostuma a estar molt cobert (Fig. 4), alguns metres de la base de la unitat es poden reconèixer a les seccions de Jafre i Mas Ricard 1. La resta de la unitat es troba ben representada a les seccions de Mas de l'Artís i de Can Casanyes-pujol Florit (Fig. 4). Aquesta unitat aptiana és la més rica en ammonits i foraminífers planctònics.

En el centenar de metres superiors les intercalacions calcàries en es van fent progressivament més potents cap el sostre de la unitat, passant de bancs decimètrics a mètrics, que presenten fàbriques més granosuportades. El contingut faunístic d'aquests trams calcaris està format per bivalves, equinoderms, braquiòpodes, crinoïdeus, esponges silíciques i crustacis decàpodes.

Comentari.- A la pedrera de Vallcarca els treballs d'explotació de les margues d'aquesta unitat cartogràfica han posat de manifest un sistema de falles normals de direcció N140-150°E. Aquestes falles afecten tant la unitat de calcàries i margues del Peu de la Serra (11) com a la unitat suprajacent de les margues de Vallcarca (12) i són paral·leles al sistema de falles normals que delimiten la fosa tectònica de Vallcarca (Fig. 5).

Algunes geometries i l'engruiximent de les capes de la unitat margosa contra els plans de falla (Fig. 5) ens indicarien l'activitat sinsedimentària d'aquest sistema de falles. La hipòtesi que es formula es que la fosa de Vallcarca s'hauria format durant l'extensió de la etapa de rifting del Juràssic superior-Cretaci inferior i s'hauria conservat fins ara, atès que estaria poc afectada per les estructures compressives alpines.



Fig. 5.- Front d'exploració antic de la pedrera de Vallcarca (NNE-SSW) sota el Mas Robert. Un sistema de falles normals amb direccions N140-150°E afecten a les unitats cartogràfiques de calcàries i margues del Peu de la Serra (11) i de margues de Vallcarca (12). Aquest sistema de falles és paral·lel a les falles mestres que limiten la fosa de Vallcarca. Les geometries i el creixement del gruix de les capes de la unitat margosa contra els plans de falla ens indicarien la seva activitat sinsedimentària durant l'etapa de rifting juràssica superior-cretàcica inferior.

Unitat cartogràfica 12a: Calcàries del Ferreny

Nom de la unitat.- Relacionat amb el mas de Can Ferreny (31 X: 393814, Y: 4575758). Els materials d'aquesta unitat formen les elevacions topogràfiques calcàries del Papiol (31 X: 394964, Y: 4575572) i del Pi del Jaumet, explotades per l'empresa "Canteras de Olèrdola, S.A."

Secció tipus.- Situada al barranc del Fondo de la Berra (Fig. 4, 31 X: 394047, Y: 4575073), prop de Cal Catantingues. Les paraseccions tipus són les seccions de mesures pels barrancs del Fondo del Tennis (31 X: 394009, Y: 4575360) i Fondo Gran de Cal Ferreny (31 X: 394158, Y: 4575360).

Edat.- Aptià inferior (Bedulià). Aquesta unitat presenta el registre de ammonits de las biozones: *Deshayesites weissi*, *Deshayesites deshayesi* de l'Aptià inferior (Figs. 3, 4). Per tant, aquesta unitat és un canvi lateral de la base de la unitat de Margues de Vallcarca (12).

Fulls en els quals es reconeix.- Fins ara només ha estat reconeguda aquesta unitat en el sector nord del full 447-2-1, a la Serra de Papiol, prop de Sant Miquel d'Olèrdola.

Breu descripció.- Calcàries micrítiques amb pocs components (*mudstones*) estratificades en bancs decimètrics (fins a 40 m de potència) formant una successió molt monòtona. A la base conté braquiòpodes i alguns bivalves. Els ammonits apareixen en la meitat superior de la unitat, on alguns bancs presenten nòduls piritosos limonitzats.

Comentari.- En el mapa de Salas et al (1994) aquesta unitat va ser cartografiada equivocadament com la unitat 13 de Calcàries i margues amb rudistes del Pujol Florit, per tant cal rectificar això en el mapa. També cal canviar el tipus de contacte amb la unitat cartogràfica 12 de les Margues de Vallcarca, que en lloc de ser un contacte normal entre ambdues unitats, ha de ser un contacte que indiqui canvi lateral entre elles.

Unitat cartogràfica 13: Calcàries i margues amb rudistes del Pujol Florit

Nom de la unitat.- Deriva del turó del Pujol Florit (31 X: 388463, Y: 4569911), situat 2 km al NE del Pantà de Foix. Equival a les antigues unitats cartogràfiques 13 i 13.1 del mapa de Salas *et al.* (1994).

Secció tipus.- La base de la secció (31 X: 388235, Y: 4569568) està situada a la pista que va des del Pantà de Foix a Cova Pineda i puja cap el nord a Cal Cremat i a Cal Balaguer, deixat a la dreta el turó del Pujol Florit. La parasecció tipus és la secció de Can Grau (31 X: 402672, Y: 4573749) i també la de la Casa Alta (31 X: 388845, Y: 4570480), encara que són molt incompletes i només s'hi conserven els 20 - 30 m de la base.

Edat.- Aptià superior (Clansaiesià). Aquesta unitat cartogràfica, malgrat no contenir ammonits de les dues biozones de l'Aptià superior (*nolani* i *jacobi*), es postdata per la seva posició estratigràfica suprajacent a les margues de Vallcarca amb registre d'ammonitids de l'Aptià inferior i mitjà. La presència d'*Orbitolina texana* confirma l'edat d'Aptià superior.

Fulls en els quals es reconeix.- Majoritàriament es troba representada en els fulls els fulls: 447-2-1 i 448-1-1.

Breu descripció.- Aquesta unitat està formada a la secció tipus per 110 m de calcàries beix clares. A la base es disposen 20 m de calcàries granosuportades amb variacions del contingut de matriu micrítica (*Packstones* - *Grainstones*) en bancs decimètrics i mètrics amb coralls. Segueixen 40 m de margues semicobertes riques amb orbitolines i braquiòpodes amb passades decimètriques de calcàries micrítiques. Culminen la sèrie 50 m d'una alternança de margues amb orbitolines i calcàries micrítiques amb rudistes.

Comentari.- S'ha de corregir la cartografia de l'aptià del sector NE del Pantà de Foix d'acord amb aquesta nova unitat adoptada. També caldria modificar una mica el contacte basal d'aquesta unitat en alguns sectors del mapa.

REFERÈNCIES

- Almera, J. 1895. Etude stratigraphique du massif crétacé du littoral de la province de Barcelona. *Bulletín de la Société Géologique du France*. 23: 564-571.
- Albrich, S., Bernaus, J.M., Boix, C., Caus, E., Martín-Closas, C., Salas, R., Vicedo, V., Villalonga, R. 2006.- Caracterización bioestratigráfica y paleoambiental del Cretácico inferior (Berriasiense-Barremiense) del macizo de Garraf (Cadena Costera Catalana). *Revista Española de Micropaleontología*, 38(2-3): 429-452.
- Bataller, J. R. 1962. Los cefalópodos.- del Macizo Cretácico de Garraf (Barcelona). *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. 34: 177-211.
- Bataller, J.R., 1958.- El Cretácico del Macizo del Montmell- Mem. R. Acad. Ciencias y Artes de Barcelona, 3ª época, v. XXXII, no. 16, pp. 493-549.
- Calzada, S. 1974. *Braquiópodos infracretácicos del levante Español*. Tesis doctoral Universidad de Barcelona. 309 pp.
- Calzada, S. y Via, L., 1971.- Sobre el supuesto Jurásico del Macizo de Garraf (Barcelona). *Cuadernos de geología Ibérica*, 2: 483-488.
- Calzada, S.; Campuzano, R. & Urquiola, M. M. 1996 Nueva cita de cefalópodos en el Macizo de Garraf. *Batalleria* 6: 63-66.
- Canérot, J. y Calzada, S., 1973.- Données nouvelles sur le Crétacé des Massifs de Garraf et Montmell (Prov. de Barcelone, Espagne). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 109 (1-2): 155-162.
- Casey, R., 1961. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part III. Palaeontographical Society, London, pp. 119–216.
- Esteban, M., 1970.- La recristalización de los bioclásticos calcáreos y su relación con los ambientes deposicionales de la Formación Montmell de la provincia de Tarragona. *Rev. Inst. Invest. Geol. Diputación Provincial de Barcelona*, 24: 35-44.
- Esteban, M., 1973.- *Petrología de las calizas cretácicas del sector central de los Catalánides (Provincia de Tarragona y Barcelona)*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, 425 pp
- Faura i Sans, M. 1923. Explicació de la fulla nº 39 Vilanova y Geltrú, (Barcelona). *Servei del Mapa Geològic de Catalunya* 109 pp.
- Ferrer, J., 1966.- Observaciones micropaleontológicas en el Macizo de Garraf. *Acta geológica Hispánica*, Año I, no. 2, pp. 7-14.
- García, R.; Moreno, J. A. & Araguz, S. 2007. Noves dades dels ammonits de l'Aptià del Massís del Garraf (Barcelona). *Batalleria*. 13: 47-52.
- Guimerà, J., 1982.- *Estudi estructural de les zones de fractura de Garraf i Vallcarca (Massís de Garraf)* Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències LXIV, 96 pp.
- Hoedemaeker, PH, Reboulet S., Aguirre M., Alsen P., Aoutem M., Atrops F., Barragan R., Company M., Arreola C., Klein J., Lukeneder A., Ploch I., Raisossadat N., Rawson P., Ropolo; P. Vasicek Z., Vermeulen J. & Wippich M., 2003.- Report on the 1st International Workshop of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working group, the "Kilian group" (Lyon, 11 July 2002). *Cretaceous Research* 24, 89-94.
- Kilian, W. 1898. Sur les céphalopodes du Crétacé inférieur des environs de Barcelona. *Bulletín de la Société Géologique du France*. 26: 825.

- Martínez, R.; Grauges, A. & Salas, R. 1994. Distribución de los ammonites del Cretácico inferior de la Cordillera Costera Catalana e Ibérica Oriental. *Cuadernos de geología ibérica*. 18: 337-354.
- Moreno de Castro, E., 1973.- Presencia del Cretácico superior (Cenomaniense superior) en la Cordillera Litoral Catalana. *Revista Española de Micropaleontología*, 2: 305-314.
- Moreno, J. A. & Company, M. 2007. Caracterización de dimorfismo morfodimensional en *Deshayesites deshayesi* (Leymerie in d'Orbigny) (Ancyloceratina, Ammonoidea). *Libro de resúmenes. XXIII Jornadas de Paleontología*. pp. 153-154.
- Moreno, J. A. 2005. (Inèdit) *Estudio Bioestratigráfico del Aptiense del Macizo del Garraf (Cadena Costero Catalana)*. Treball final de Carrera. Universitat de Barcelona. 130 pp.
- Moreno, J. A. 2007a. Precisiones sobre la edad de la transgresión aptiense inferior en el Nordeste de la península Ibérica mediante ammonites: datos preliminares. *Actas del III Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*. 135-142. Fumanyà.
- Moreno, J. A. 2007b. Bioestratigrafía del Aptiense del macizo del Garraf (NE de la Península Ibérica). *Geogaceta*. 41:131-134.
- Moreno, J. A. 2007c. *Deshayesites latilobatus* y *Deshayesites grandis* procedentes del macizo del Garraf (Barcelona). ¿“Especies” sinónimas de *D. deshayesi* ? *Cantera Paleontológica, V Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*. 289-300. Cuenca.
- Moreno-Bedmar, J. A. & García, R. (en prensa). Bioestratigrafía de los ammonoideos de la Unidad Calizas del Farreny, Aptiense inferior, del Macizo del Garraf (NE de España). *Batalleria*.
- Moreno-Bedmar, J. A.; Ramírez, L.; Company, M.; Delanoy, G.; Bover-Arnal, T.; Bulot, L-G.; Latil, J-L. & Salas, R. (en prensa). Estudio bioestratigráfico de los ammonoideos de la sección de Can Casanyes, Aptiense inferior-medio del Macizo del Garraf (NE de España). *Batalleria*.
- Moreno-Bedmar, J.A.; Ferrer, O.; Artal, P.; Bover-Arnal, T.; Company, M.; Gallemí, J.; Martín-Closas, C.; Martínez, R.; Ossó, A.; Salas, R. & Villalba-Breva, S. 2008. Bioestratigrafía integrada del Aptiense del Macizo del Garraf (Cadenas Costero-Catalanas, NE de España). Datos preliminares in Ruiz-Omeñaca, J. I.; Piñuela, L. & García-Ramos, J. C. eds., *XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (Colunga, 15-18 de Octubre de 2008), Libro de resúmenes*. Colunga: Museo del Jurásico de Asturias, Colunga, p. 158-159.
- Rat, P., 1966.- Sur les faciès du Cretacé inférieur dans l'Est du domaine pyrénéen. V Congr. Inter. d'Estudes Pyrénéennes Jaca-Pamplona, 13 pp.
- Reboulet, S.; Klein, J.; Barragán, R.; Company, M.; Gonzáles-Arreola, C.; Lukeneder, A.; Raisossadat, S.N.; Sandoval, J.; Szives, O.; Tavera, J.M.; Vašicek, Z. & Vermeulen, J. Report on the 3 rd. *in press* International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the “Kilian Group” (Vienna, Austria, 15 th April 2008). *Cretaceous Research* (2008) doi: 10.1016/j.cretes.2008.12.009
- Salas, R., 1987.- *El Malm i el Cretaci inferior entre el Massís de Garraf i la Serra d'espada. Anàlisi de conca*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, 345 pp.

Salas, R., Guimerà, J., Mas, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A. & Alonso, A., 2001.- Evolution of the Mesozoic Central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian Chain). *In*: P.A. Ziegler, W. Cavazza & A.F.H. Robertson & S. Crasquin-Soleau (eds), Peri-Tethys Memoir 6: *PeriTethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, 186: 145-185.

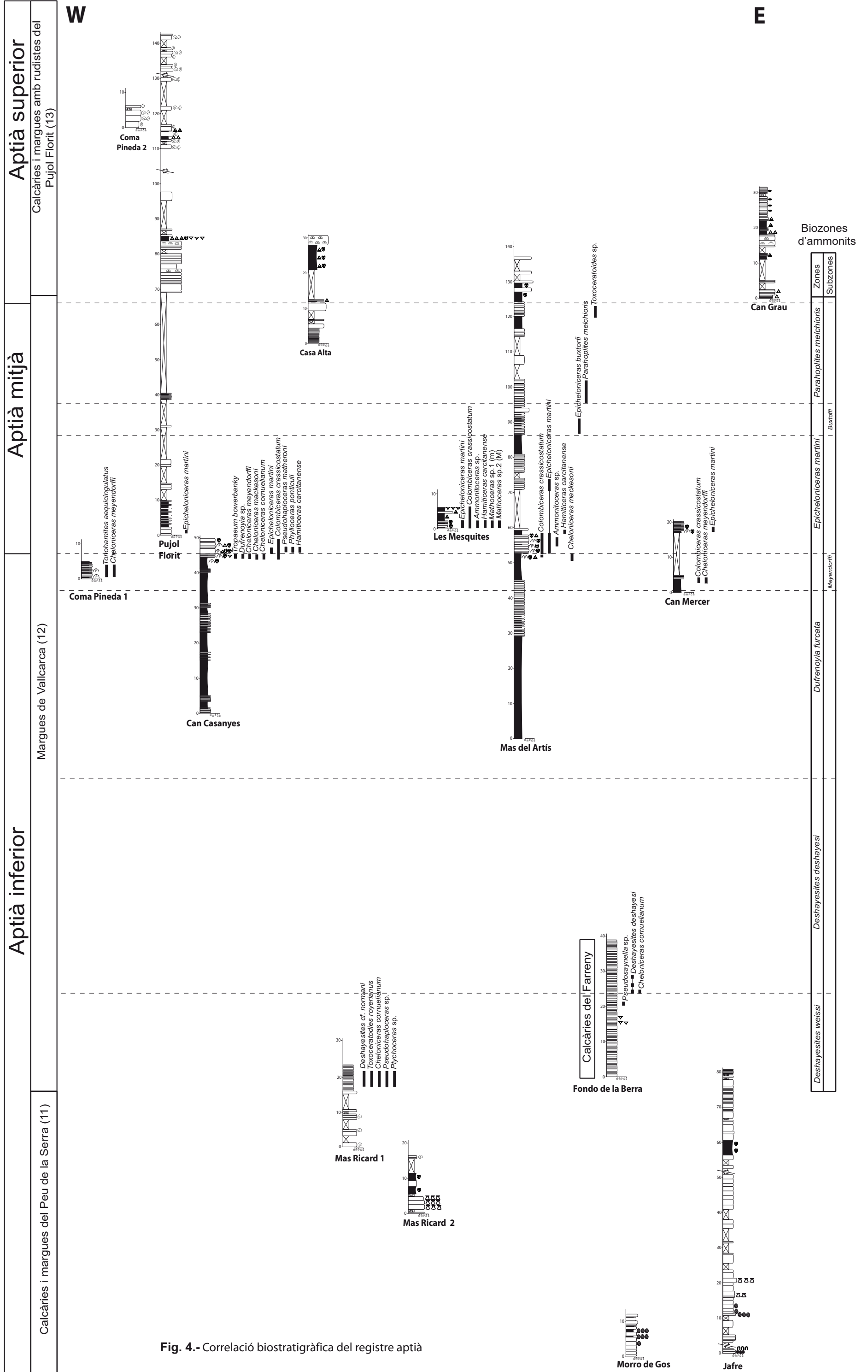


Fig. 4.- Correlació biostratigràfica del registre aptià

Microfacies and Geochemistry of a Shallow-Water Lower Aptian Carbonate Platform Sequence at the Madotz Section (Basco-Cantabrian Basin, Aralar, Spain), its Relation to Cretaceous Anoxic Event 1a (OAE-1a)

(Add to My Sessions)

Date: Tuesday, June 9

Time: 8:30 am - 12:30 pm

Location: Exhibition Hall

Speakers: Gaona Narvaez, Tatiana, Company, Miguel, Lamolda, Marcos, Maurrasse, Florentin J., Moreno-Bedmar, Josep A., Narvaez, Tatiana Gaona, Rebenack, Carrie

Track: SEPM Student Academic Research

Description: High-resolution analyses of microfacies, inorganic carbon (TIC, weight % CaCO₃), organic carbon (TOC, weight % C), and stable carbon isotope measurements (δ¹³C_{org}) of Lower Aptian sequence at the Madotz section (NE Spain) were carried out in order to identify lithologic and geochemical variations related to Oceanic Anoxic Event 1a (OAE-1a). The lowermost part of the section consists of shale known as Unit 1, with TIC <10%, TOC <0.2%. δ¹³C_{org} values at the top of unit 1 vary between -23.52 and 23.18‰. In suprajacent subunits 2a and 2b, called the “Madoz Limestone”, subunit 2a comprises 20m of biocalcudite; its characteristic microfacies are packed and sparse biomicrites (calcareonites, calcirudites) with coral, non-rudist bivalve, and echinoid and bryozoan fragments. TIC varies between 75.97 and 98.81%, and TOC is nearly 0%; carbon isotope composition was not measured. Subunit 2b includes 20 m of interbedded sparse fossiliferous and packed marlstones, clayey fossiliferous micrites, as well as softer calcareous shale, and shale. Fossils of this subunit are mainly orbitolinids, with fewer echinoids, non-rudist bivalves, calcareous algae and calcispheres. TIC varies from 8.16 to 68.87%, while TOC values increase relative to infrajacent subunit 2a, with fluctuation from 0.03 to 0.97%, with maximum in a 1.8m thick shale interval, 36.08m above the base of the measured section. Higher TOC values are associated with shales and clayey micrites, characterized by the absence of orbitolinids and bioturbation and scarcity of other benthic faunas. However, they contain scattered calcispheres and up to 2.5% pyrite as isolated framboids, infilling fossil cavities, and micronodules. Most of δ¹³C_{org} values in subunit 2b remain constant between -23.64 and -21.93‰ immediately following a negative value of -26.19‰. The absence of benthic foraminifers and bioturbation, increased pyrite and TOC in the shales and calcareous shales of subunit 2b at Madotz coincide with an interval of increased δ¹³C_{org} values throughout most of the subunit, immediately succeeding a significant negative δ¹³C_{org}. We associate this interval of subunit 2b with conditions of Oceanic Anoxic Event 1a. Ammonites present in the middle part of subunit 2b include taxa such as *Deshayesites cf. forbesi*, *Pseudosaynella bicurvata* and *Pseudosaynella undulata* that suggest a stratigraphic position correlative with at least the upper part of *Deshayesites weissi* zone of the standard Mediterranean ammonite zonation.

Speakers

Gaona Narvaez, Tatiana

Company, Miguel

Lamolda, Marcos

Maurrasse, Florentin J.

Moreno-Bedmar, Josep A.

Narvaez, Tatiana Gaona

Rebenack, Carrie

de Educación y Ciencia, con la ayuda BES-2008-005538. Las fotografías de MEB han sido realizadas por Cristina Gállego en el Servicio de Microscopía Electrónica de la UZ.

Referencias

- Aurell, M., Bádenas, N. Canudo, J.I. & Ruiz-Omeñaca, J.I. 2004. Evolución tectosedimentaria de la Fm. Blesa (Cretácico Inferior) en el entorno del yacimiento de vertebrados de La Cantalera (Josa, Teruel). *Geogaceta* **35**, 11-14.
- Canudo, J.I., Aurell, M., Barco, J.L., Cobos, A., Cuenca-Bescós, G., Martín-Closas, C., Murelaga, X., Pereda-Suberbiola, X., Royo-Torres, R. & Ruiz-Omeñaca, J.I. 2002. La Cantalera: Un resumen de los dinosaurios del tránsito Hauteriviense - Barremiense (Cretácico inferior) de la Cordillera Ibérica (Josa, Teruel) *Libro de Resúmenes. XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. II Congreso Ibérico de Paleontología*, 27-28.
- Martín-Closas, C. 1989. *Els caròfits del Cretaci inferior de les conques perifèriques del Bloc de l'Ebre*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona, 581 pp. (Inédita).
- Ruiz-Omeñaca, J.I., Canudo, J.I. & Cuenca-Bescós, G. 1997. Primera evidencia de un área de alimentación de dinosaurios herbívoros en el Cretácico Inferior de España (Teruel). *Monografías de la Academia de Ciencias de Zaragoza* **10**, 48 p.
- Salas, R. & Guimerà, J. 1996. Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental) *Geogaceta* **20**, 1704-1706.
- Smith, D.A. 1988. Radular kinetics during grazing in *Helisoma trivolvis* (Gastropoda: Pulmonata). *Journal of experimental Biology* **136**, 89-102.

Ammonite biostratigraphy at the Madotz section (Basco-Cantabrian Basin, Spain), implications for the record of Cretaceous Oceanic Anoxic Event 1a (OAE-1a)

Gaona-Narvaez, T.¹, Maurrasse, F.J.-M.R.¹, Moreno-Bedmar, J.²,
Company, M.² y Lamolda, M.³

1: Department of Earth Sciences, Florida International University 11200 S.W. 8th Street, Miami, FL 33199 USA. tgaon001@fiu.edu, maurrass@fiu.edu

2: Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona. España. j.a.moreno@ub.edu

3: Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Ave Fuentenueva s/n, 18002 Granada. España. mcompany@ugr.es, mlamolda@ugr.es

A high-resolution study of the Madoz section, including the integration of microfacies, total inorganic carbon analyses (TIC, weight % CaCO₃), total organic carbon analyses (TOC, weight % C), stable carbon isotope measurements ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$) and ammonite biostratigraphy, was performed to investigate Lower Aptian neritic deposits from the Basco-Cantabrian region, Spain. Our focus is to address the issue of differentiating the Oceanic Anoxic Event 1a (OAE-1a) from other uncertain anoxic episodes within that time.

In Lower Aptian standard European planktonic foraminiferal biochronology, OAE-1a is correlative with the lower part of the planktonic foraminifera *Leupoldina cabri* Zone, as in most of the locations of the Tethyan realm and the Pacific [Moullade *et al.* (1998); Erba *et al.* (1999); and others]. In contrast, using ammonite biostratigraphy, OAE-1a has been assigned to different levels: from the upper part of the *Deshayesites ogranlensis* Zone to the *Deshayesites deshayesi* Zone, which represents a wide time span of nearly two million years,

according to Gradstein *et al.* (2004), a range of error too significant to provide precise time correlation.

Previous biostratigraphic correlations at Madoz [Duvernois *et al.* (1972); Cherchi & Schroeder (1998)] refer units 1, 2a and 2b to benthic foraminifera *Palorbitolina lenticularis* Zone. They also reported the presence of *Deshayesites cf. deshayesi* in clastic Unit 1, which would imply a chronologic position corresponding to the upper part of the Lower Aptian above the level of occurrence of OAE-1a. Hence superjacent Subunit 2c was assigned to the *Orbitolinopsis simplex* Zone [Cherchi & Schroeder (1998)] corresponding to the Upper Aptian (Gargasian).

New ammonite specimens were recovered in the uppermost part of Unit 1, and the middle part of subunit 2b, which include taxa such as *Deshayesites cf. forbesi*, *Pseudosaynella bicurvata* and *Pseudosaynella undulada*. The presence of *Deshayesites cf. forbesi* and the first appearance datum of *Pseudosaynella* suggest a stratigraphic position correlative with at least the upper part of the *Deshayesites weissi* Zone of the standard Mediterranean ammonite zonation. This new finding is in agreement with initial isotopic measurement on organic carbon, and with the lithologic record of at least three levels of extensive organic-rich shales and calcareous shales at unit 2b, which point to the record of the Oceanic Anoxic Event 1a at Madoz section as found elsewhere when sedimentologic conditions allow the development of organic-rich deposits. Our biochronological interpretation of OAE-1a at Madoz section is also in agreement with that reported in the Maestrat Basin by Moreno-Bedmar *et al.* (2009).

Acknowledgments

Isotopic measurements on organic carbon were conducted at the Southeast Environmental Research Center (SERC), Florida International University.

References

- Cherchi, A., Schroeder, R. 1998. Aptian and Albian large foraminifera at Madoz. *24° Coloquio Europeo de Micropaleontología. Libro Guía*, 71-73.
- Duvernois, Ch., Floquet, M., Humbel, B. 1972. La Sierra d'Aralar (Pyrénées Basques Espagnoles): stratigraphie, structure. *Thèses de Doctorat de Troisième cycle, Université de Dijon*. 240 pp.
- Erba E., Channell J.E.T., Claps M., Jones C., Larson R., Opdyke B., Premoli Silva I., Riva A., Salvini G., Torricelli S., 1999, Integrated stratigraphy of the Cismon Apticore (southern Alps, Italy): a "reference section" for the Barremian-Aptian interval at low latitudes. *Journal of Foraminiferal Research* **9**, 371-391.
- Moreno-Bedmar, J.A., Company, M., Bover-Arnal, T., Salas, R., Delanoy, G., Martínez, R., Grauges, A. 2009. Biostratigraphic characterization by means of ammonoids of the lower Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE 1a) in the eastern Iberian Chain (Maestrat Basin, eastern Spain). *Cretaceous Research* **30**, 864-872.
- Moullade, M., Masse, J. P., Tronchetti, G., Kuhnt, W., Ropolo, P., Bergen, J. A., Masure, E., Renard, M. 1998. Le stratotype historique de l'Aptien inférieur (région de Cassis-La Bédoule, SE France): synthèse stratigraphique. *Géologie Méditerranéenne* **25**, 289–298.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Smith, G., Eds., *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, 500 pp.

High-resolution chemo- and biostratigraphic records of the Early Aptian Oceanic Anoxic Event in Cantabria (northern Spain)

I. ROSALES¹, M. NAJARRO¹, J.A. MORENO-BEDMAR²,
G.A. DE GEA³ AND M. COMPANY⁴

¹Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23,
28003 Madrid, Spain (m.najarro@igme.es)

²Universitat de Barcelona. Martí i Franquès s/n, 08028
Barcelona, Spain (j.a.moreno@ub.edu)

³Universidad de Jaén. Campus Universitario Las Lagunillas,
23072 Jaén, Spain (gadegea@ujaen.es)

⁴Universidad de Granada. Av. Fuentenueva s/n, 18002
Granada, Spain (mcompany@ugr.es)

The Early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE1a) is one of the most widespread and best-defined OAE of the Cretaceous. This event was associated to abrupt perturbations of the carbon cycle as indicated by both negative and positive $\delta^{13}\text{C}$ excursions in organic matter and carbonate records. The $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ record of the OAE1a has been subdivided in a series of segments, labelled C3–C7 [1], that can be regionally reproducible. Most of the studies come from hemipelagic and pelagic sections but only few studies exist on the reproducibility of these C-isotope shifts in shallow water settings.

New detailed litho- bio- and chemostratigraphic (TOC, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$, $\delta^{18}\text{O}$) investigation of the Lower Aptian succession of northwestern Cantabria, allowed to recognize the local expression of the OAE1a in shallow platform carbonates of northern Spain. The event is characterized by a ~ 40 m thick marly interval (Patrocinio Fm) that records an abrupt negative $\delta^{13}\text{C}$ excursion in both bulk organic matter (up to 5‰) and carbonates (up to 6‰, mean 3‰). The negative shift is attributed to the $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ curve segment C3 [1]. It is followed by a positive shift recorded in carbonates, attributable to the curve segment C7 [1]. These records can be accurately calibrated against new ammonite and nannofossil biostratigraphy, which allow a confident attribution of the OAE1a to the middle part of the *Hayesites irregularis* calcareous nannofossil Zone, and to the *Deshayesites weissi* ammonites Zone. Our data help to refine the age of the OAE1a [2, 3] and reveal the existence of a stratigraphic gap in these carbonate series that could cover the record of the C4–C6 segments of the $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ curve.

[1] Menegatti *et al.* (1998) *Paleoceanography* **13**, 530–545.

[2] Moreno-Bedmar *et al.* (2009) *Cretaceous Research* doi: 10.1016/j.cretres.2009.02.004. [3] Aguado *et al.* (1999) *Cretaceous Research* **20**, 663–683.

CO₂ sequestration by basalt: Experimental studies and geochemical modeling

R.J. ROSENBAUER* AND J.L. BISCHOFF

U.S. Geological Survey, 345 Middlefield Rd., Menlo Park,
CA (*correspondence: brosenbauer@usgs.gov)
(jbischoff@usgs.gov)

Basaltic rocks are potential repositories for sequestering carbon dioxide (CO₂) because of their capacity for trapping CO₂ in carbonate minerals. We carried out series of geochemical models and experiments, reacting basalt with CO₂-charged fluids over a range of conditions from 50°C to 150°C and from 100 to 300 bars. Experiments were carried out in flexible gold-cell apparatus with a serial online sampling capability of the fluids to permit monitoring reaction progress. Results indicate basalt has a high reactivity to supercritical CO₂ and carbonic acid. Initial reactions caused a rapid drop in pH and an increase in cations including Ca, Mg, Fe, and Mn followed by a decrease to steady-state values. CO₂ decreased asymptotically to steady-state concentrations in experiments that were under-saturated with CO₂, a repeatable pattern following re-injection of CO₂ into the experiment. These results showed that the basalt continued to have a capacity to react with CO₂. In experiments that were supersaturated with CO₂ containing a separate supercritical CO₂ phase, the rock took up over 10% of its weight in carbonate.

Reaction path simulations predicted calcite would initially precipitate then later dissolve in the sequential addition of P_{CO₂}, to be replaced by dolomite and siderite at equilibrium. SEM analyses of the solid reaction products found only Fe and Mg bearing phases consistent with the kinetic barriers to forming dolomite. Experiments are currently underway to find the optimal conditions for CO₂ sequestration in basalt.

