

Els caròfits de les comarques centrals de Catalunya: nova proposta de biozonació

Josep SANJUAN, Carles MARTÍN-CLOSAS, Elisenda COSTA, Miguel GARCÉS
Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines.
Universitat de Barcelona

Xavier BARBERÀ
Centre d'Estudis Comarcals d'Igualada (CECI)

Los carófitos de las comarcas centrales de Cataluña: nueva propuesta de biozonación

RESUMEN

En las comarcas centrales de Cataluña (Osona, Bages, Anoia, Conca de Barberà y extremo oriental de Les Garrigues), situadas geológicamente en el borde oriental de la cuenca del Ebro, se ha llevado a cabo una biozonación mediante carófitas a partir de muestras procedentes de sedimentos continentales y de transición del Priaboniense (Eoceno superior) y Rupeliense (Oligoceno inferior). Este estudio se ha basado en un muestreo intensivo a lo largo de cinco secciones estratigráficas compuestas. Se han identificado y caracterizado seis biozonas de carófitas: *Harrisichara lineata* (nuevo nombre de la antigua biozona *H. vasiformis-tuberculata*), *Harrisichara tuberculata*, *Harrisichara tuberculata* - *Nodosochara jorbae*, *Lychnothamnus vectensis*, *Lychnothamnus*

The charophyte from the central area of Catalonia: new proposal biozonation

ABSTRACT

A new charophyte biozonation is performed in transitional and terrestrial Upper Eocene (Priabonian) to Lower Oligocene (Rupelian) deposits in the central counties of Catalonia (Osona, Bages, Anoia, Conca de Barberà and eastern end of the Garrigues counties) geologically located on the eastern margin of the Ebro basin. This study is based on an intensive sampling of charophytes obtained in five composite stratigraphic sections. Six charophyte zones have been identified and characterized i.e. *Harrisichara lineata* (a new name for the former *H. vasiformis-tuberculata* biozone); *Harrisichara tuberculata*, *Harrisichara tuberculata* - *Nodosochara jorbae*, *Lychnothamnus vectensis*, *Lychnothamnus major* and *Chara microcera*. This biozonation has

major y *Chara microcera*. Esta nueva propuesta de biozonación se ha correlacionado con las biozonas locales de mamíferos y con los niveles de referencia de mamíferos del Paleógeno europeo (MP). Asimismo, dicha biozonación se ha calibrado con los nuevos datos magnetoestratigráficos procedentes de las mismas secciones muestreadas, lo cual ha permitido realizar una datación en tiempo absoluto de las biozonas de carófitas.

PALABRAS CLAVE: carófitos, bioestratigrafía, magnetoestratigrafía, Eoceno, Oligoceno, cuenca del Ebro

been correlated with local mammal biozones and with mammal Paleogene reference levels (MP) and directly calibrated with new magnetostratigraphic data from the same sampled sections providing absolute ages for the charophyte biozones.

KEYWORDS: charophytes, biostratigraphy, magneto stratigraphy, Eocene, Oligocene, Ebro Basin

I. INTRODUCCIÓ

Ja en el primer volum de la *Miscellanea Aqualatensia* (1949), el professor Bataller, catedràtic de la Universitat de Barcelona, descriu la riquesa paleontològica de la comarca de l'Anoia: «Entre las regiones fosilíferas catalanas es sin duda Igualada y sus alrededores una de las regiones privilegiadas.» El professor Bataller feia referència en el seu article als jaciments fosilífers de caràcter marí corresponents al període eocènic.¹ En el segon volum de la *Miscellanea* (1974), el professor Crusafont enumerava el contingut paleontològic de l'Eocè continental: «Per damunt de les capes blaves de l'Eocè marí, es troben, a Jorba, algunes restes de plantes fòssils, per bé que indeterminables, al costat de la carretera nacional N-II de Madrid a Barcelona en ocasió de treballs de rectificació del seu traçat. També hem pogut detectar, al costat de la carretera de Calaf, poc després del trencall de la nacional N-II, algunes restes òssies i plaques de tortugues sense que, però, ens hagi estat possible de trobar espècies que ens poguessin caracteritzar l'edat exacta d'aquestes formacions superiors.»²

Per tant, la comarca de l'Anoia no sols és rica en restes paleontològiques marines, sinó també en restes fòssils d'origen continental com els

1. J. BATALLER: «La Paleontología en Igualada», *Miscellanea Aqualatensia*, 1 (1949), p. 68-71.

2. M. CRUSAFONT: «L'Eocèn continental», *Miscellanea Aqualatensia*, 2 (1974), p. 31-32.

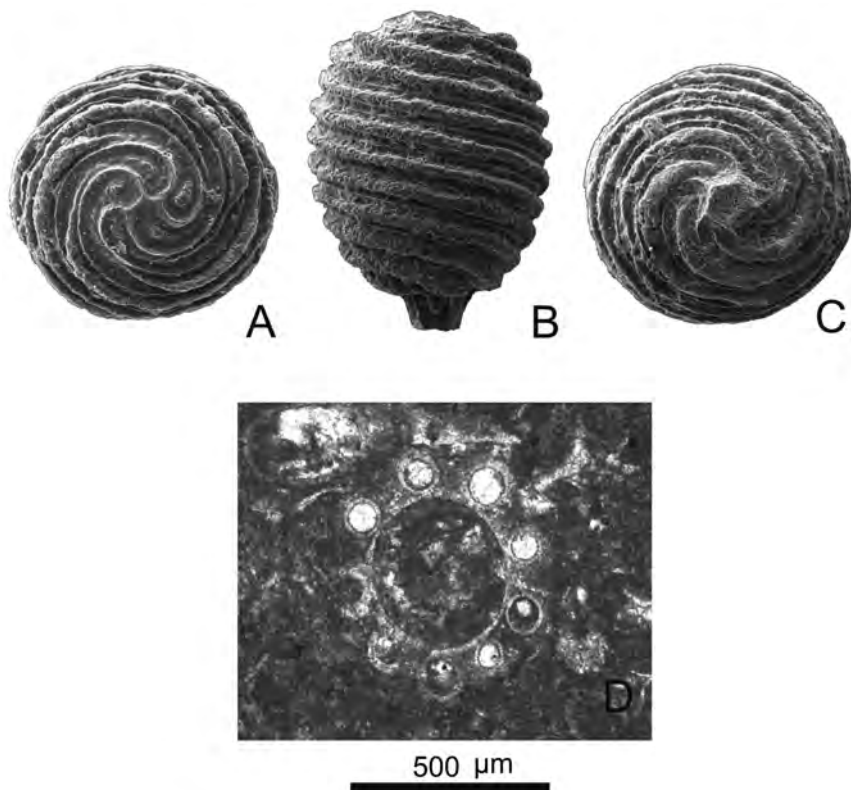
mamífers dels jaciments de Calaf o Porquerisses, altres vertebrats com les tortugues o plantes aquàtiques com els caròfits, objecte d'aquest article.

La recerca sistemàtica de caròfits va començar amb els treballs de Rosell i els seus col·laboradors,³ que identificaren una successió amb caròfits a la zona de Santa Maria de Miralles. Amb les tesis doctorals d'Anadón⁴ i Colombo⁵ es va iniciar el procés per a construir una primera biozonació regional dels caròfits de l'Eocè i l'Oligocè que culminà amb la publicació d'Anadón i els seus col·laboradors⁶ en què es determinen mostres procedents de diversos punts de la comarca com Santa Maria de Miralles, Carme, l'Espelt, Jorba, Porquerisses, la Panadella o Conill.

Els caròfits representen un grup de plantes aquàtiques que viuen en ambients salabrosos o d'aigua dolça. De la planta, sovint se'n preserven les incrustacions de les parts vegetatives, encara que les seves fructificacions bioalcificades (gironits i utricles) són molt abundants en el registre fòssil i han estat molt més estudiades. Així, segons Feist i els seus col·laboradors,⁷ el registre fòssil dels caròfits començà al Silurià fa uns 420 milions d'anys i continua fins a l'actualitat (per exemple a la riera de Carme). L'estructura vegetativa d'un caròfit està constituïda per un eix o tal·lus principal format per nusos i entrenusos. Els entrenusos estan constituïts per una cèl·lula central que, en funció de l'espècie, pot estar voltada de cèl·lules perifèriques o corticants. Aquesta estructura permet la seva identificació en les roques, ja que en secció transversal dibuixa una figura que recorda un disc de telèfon (fotografia 1).

3. J. ROSELL, R. JULIÀ i J. FERRER: «Nota sobre la estratigrafia de unos niveles con carófitas existentes en el tramo rojo de la base del Eoceno al S de los Catalánides (provincia de Barcelona)», *Acta Geológica Hispánica*, 1 (1966), p. 17-20.
4. P. ANADÓN: *El Paleógeno inferior anterior a la transgresión biarritziense (Eoceno medio) entre los ríos Gaià y Ripoll (Provincias de Tarragona y Barcelona)*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1978, 267 p.
5. F. COLOMBO: *Estratigrafia y sedimentología del Terciario inferior continental de los Catalánides*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1980, 291 p.
6. P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO, M. FEIST i A. SÁEZ: «Biozonación del Paleógeno continental de la zona oriental de la Cuenca del Ebro mediante carófitas: implicaciones en la biozonación general de carófitas de Europa occidental», *Acta Geológica Hispánica*, 27 (1992), p. 69-94.
7. M. FEIST, N. GRAMBAST-FESSARD, M. GUERLESQUIN, K. KAROL, R. M. MCCOURT, Q. WANG i Z. SHENZEN: *Treatise on Invertebrate Paleontology*, part B, *Protoctista 1*, vol. 1, *Charophyta*, Lawrence, Kansas, The Geological Society of America, 2005, 170 p.

Fotografia 1. Aspecte general d'un girogonit de caròfit: vista apical (A), lateral (B) i basal (C) i vista de la secció característica en «disc de telèfon» (D)



A causa de la morfologia específica i de les taxes d'evolució relativament altes, els girogonits són, juntament amb la dentició dels micromamífers, els principals indicadors biostratigràfics dels sediments continentals terciaris. L'ús combinat de la biostratigrafia i la magnetostratigrafia conforma una eina excel·lent per a establir correlacions precises amb l'escala global de polaritat magnètica (EGPM), la qual cosa permet atribuir edats absolutes al registre fòssil. D'altra banda, la cronologia basada en les dades magnetostratigràfiques contribueix al calibratge dels marcadors biostratigràfics continentals, és a dir, biozones de caròfits i biozones de micromamífers del Paleogen.

La primera biozonació de caròfits del Paleogen europeu fou establir-

ta per Grambast⁸ a partir de l'estudi dels sediments no marins de la conca de París. Posteriorment, es realitzaren avenços significatius en la biostratigrafia de caròfits en altres conques europees (Hampshire, París, Rin, molassa Suïssa, Aquitània, la Provença i el Llenguadoc) on es definiren diverses biozonacions locals.⁹ Els diferents treballs culminaren amb la publicació de la tesi doctoral de Riveline l'any 1986.¹⁰ Riveline elaborà una biozonació europea en què definí vint biozones de caròfits per als sediments del Paleogen europeu. Deu anys més tard, la biozonació del Paleogen es tornà a publicar sense grans canvis en el treball de Riveline i els seus col·laboradors.¹¹

Anadón i els seus col·laboradors¹² i Feist i els seus¹³ elaboraren una biozonació local de caròfits per a la conca de l'Ebre a partir de diversos estudis biostratigràfics preliminars localitzats a la part oriental de la conca.¹⁴

8. L. GRAMBAST: «Principes de l'utilisation stratigraphique des charophytes. Applications au Paléogène d'Europe occidentale», *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 77 (1972), p. 319-328.
9. M. FEIST-CASTEL: «Étude floristique et biostratigraphique des Charophytes dans les séries du Paléogène de Provence», *Géologie méditerranéenne*, 4 (1977), p. 109-138; M. FEIST i M. RINGEADE: «Étude biostratigraphique et paléobotanique (charophytes) des formations continentales d'Aquitaine, de l'Éocène supérieur au Miocène inférieur», *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7a sèrie, 19 (1977), p. 341-354; P. ANADÓN i M. FEIST: «Charophytes et biostratigraphie du Paléogène inférieur du Bassin de l'Èbre Oriental», *Palaeontographica*, 178 (1981), p. 143-168; M. FEIST, P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Upper Eocene - Lowermost Miocene charophytes in the Ebro Basin (Spain). Contribution to the charophyte biozonation in Western Europe», *Newsletters on Stratigraphy*, 30 (1994), p. 1-32.
10. J. RIVELINE: *Les Charophytes du Paléogène et du Miocène inférieur d'Europe occidentale*, París, Centre National de la Recherche Scientifique, 1986, 227 p.
11. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCH: «European Mesozoic-Cenozoic charophyte biozonation», *Bulletin de la Société Géologique de France*, 167 (1996), p. 437-468.
12. P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO, M. FEIST i A. SÁEZ: «Biozonación del Paleógeno...», *op. cit.*, p. 69-94.
13. M. FEIST, P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Upper Eocene - Lowermost Miocene...», *op. cit.*, p. 1-32.
14. M. DALLONI: Étude géologique des Pyrénées Catalanes. *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille*, 26 (1930), 373 p. ; J. ROSELL, R. JULIÀ i J. FERRER: «Nota sobre la estratigrafia...», *op. cit.*, p. 17-20; G. COLOM, L. VIA i S. REGUANT: «Hallazgo de *Harri-sichara lineata* Grambast en el yacimiento del Parés (Sant Boi del Lluçanès, Vic)», *Acta Geológica Hispánica*, 5 (1970), p. 65-66; P. ANADÓN: *El Paleógeno inferior...*, *op. cit.*; F. COLOMBO: *Estratigrafia y sedimentología...*, *op. cit.*; P. ANADÓN i M. FEIST: «Charophytes et biostratigraphie...», *op. cit.*, p. 143-168; S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin Potassique Catalan (Nord-Est de l'Espagne) à la limite Eocène-Oligocène», *Paléobiologie*

Per tal de correlacionar les biozonacions de micromamífers i de caròfits, Feist i els seus col·laboradors¹⁵ mostrejaren els caròfits en zones estratigràficament pròximes als jaciments clàssics de micromamífers, especialment els de Sant Cugat de Gavadons i Santpedor al sector nord-oriental, i Rocafort de Queralt, Forès i el Talladell al sector sud-oriental.¹⁶ Els primers resultats magnetostratigràfics obtinguts per Barberà¹⁷ al marge sud-oriental de la conca de l'Ebre permeteren datar amb molta precisió l'edat d'aquests jaciments clàssics, així com nous jaciments de micromamífers. Al sector nord-oriental de la conca, Costa¹⁸ datà l'edat dels jaciments de Sant Cugat de Gavadons i de Santpedor a partir de noves dades paleomagnètiques.

El registre continental de la conca de l'Ebre és excepcionalment continu i s'estén des de l'Eocè superior fins al Miocè. Al llarg del marge oriental de la conca afloren dipòsits de l'Eocè superior Oligocè inferior que constitueixen un marc geològic excel·lent per a estudiar nombroses seccions estratigràfiques en afloraments que mostren una bona continuïtat lateral i verti-

continentale, 26 (1989), p. 1-67; L. CABRERA: *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligoceno-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1983, 443 p.

15. M. FEIST, P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Upper Eocene - Lowermost Miocene...», *op. cit.*, p. 1-32.
16. J. AGUSTÍ, P. ANADÓN, S. ARBIOL, L. CABRERA, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Basins)», *Münchener Geowissenschaftliche Abhandlungen*, 10 (1987), p. 35-42; P. ANADÓN, M. VIANEY-LIAUD, L. CABRERA i J. L. HARTENBERG: «Gisements à vertébrés du Paléogène de la zone orientale du bassin de l'Èbre et leur apport à la stratigraphie», *Paleontologia i Evolució*, 21 (1987), p. 117-131; P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO, M. FEIST i A. SÁEZ: «Biozonación del Paleógeno...», *op. cit.*, p. 69-94; A. SÁEZ: *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Eoceno-Oligoceno del noreste de la Cuenca del Ebro*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1987, 353 p.; S. ARBIOL i A. SÁEZ: «Sobre la edad Oligocénica inferior del yacimiento de Santpedor (Cuenca del Ebro, provincia de Barcelona)», *Acta Geológica Hispánica*, 23 (1988), p. 47-50; F. COLOMBO, S. MOYA, L. CHECA, J. AGUSTÍ i M. KÖHLER: «Yacimiento de vertebrados en los materiales Paleógenos de la zona de Ulldemolins y Conca de Barberà (Cuenca del Ebro, Tarragona): significado estratigráfico», *Geogaceta*, 17 (1995), p. 31-34.
17. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè del sector sud-oriental de la Conca de l'Ebre: implicacions magnetobiocronològiques i seqüencials*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1999, 247 p.; X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene magnetostratigraphy from the Ebro Basin, Spain», *Earth and Planetary Science Letters*, 187 (2001), p. 1-16.
18. E. COSTA: *Paleogene chronostratigraphy of the SE margin of the Ebro basin: biochronological and tectonosedimentary evolution implications*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 2011, 271 p.

cal. A més, aquestes seccions contenen diversos nivells de referència que permeten obtenir una bona correlació cartogràfica i litostratigràfica. Aquestes seccions tallen sediments d'origen al·luvial i fluvial i dipòsits d'origen lacustre i palustre.

La zona objecte d'estudi es divideix en dos sectors a partir de criteris geogràfics i de la procedència de les dades magnetostratigràfiques (sector nord-oriental i sud-oriental). La successió de caròfits al sector nord-oriental de la conca prové de l'estudi estratigràfic de dues seccions localitzades a les comarques d'Osona (secció dels Perers - serrat Rodó) i del Bages (secció de Moià-Santpedor) i una secció composta localitzada a l'àrea d'Igualada (secció Maians-Rubió). D'altra banda, la successió de caròfits al sector sud-oriental de la conca parteix de dues seccions estratigràfiques compostes, l'una localitzada a la Conca de Barberà (secció Rocafort de Queralt - Sarra) i l'altra a les Garrigues (secció Tarrés-Vinaixa).

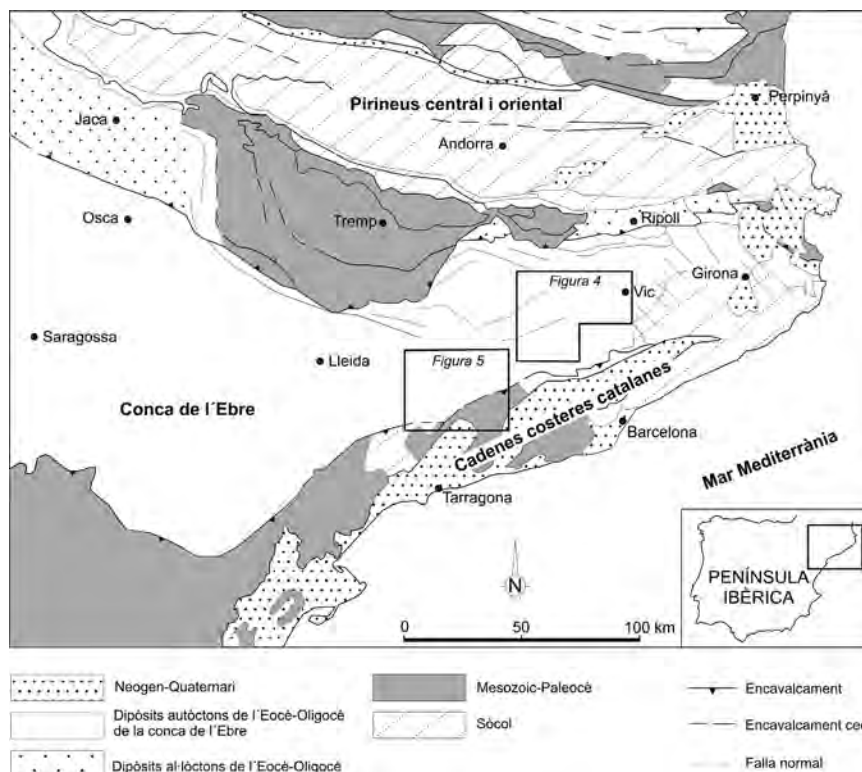
L'abundància i la diversitat de caròfits en aquests sectors de la conca permeten definir i caracteritzar una nova proposta de biozonació per al trànsit Eocè-Oligocè tenint en consideració els limitants paleoecològics que configuren les diferents associacions de caròfits. La correlació de la nova proposta de biozonació amb les dades magnetostratigràfiques procedents de les seccions esmentades anteriorment permet calibrar les biozones de caròfits amb l'escala global de polaritat magnètica (EGPM) de Gradstein i els seus col·laboradors.¹⁹ Aquesta escala representa el primer calibratge de biozones de caròfits del límit Eocè-Oligocè.

2. SITUACIÓ GEOLÒGICA

La conca de l'Ebre és una conca d'avantpaís situada al sud de la cadena pirinenca. Presenta una morfologia triangular i es troba limitada al nord per les làmines encavalcants del Pirineu, a l'est per la cadena litoral catalana i al sud-oest per la cadena ibèrica (figura 1). El seu origen es relaciona amb la subsidència flexural produïda per la convergència entre les plaques ibèrica i eurasiàtica que s'inicià al Cretaci superior (Santonià-Campanià) i es perllongà fins al Miocè. El moment de màxima compressió es produí durant el Paleocè i l'Eocè i en resultà la superposició de diversos encavalcaments a la zona central sud-pirinenca. Les principals estructures presenten una orientació est-oest i la deformació progressa en direcció sud i oest paral·lelament als

19. F. M. GRADSTEIN, J. G. OGG i A. G. SMITH: *A Geologic Time Scale 2004*, Cambridge, Cambridge University Press, 2004, 89 p.

Figura 1. Esquema geològic que mostra la ubicació de les àrees d'estudi (modificat de Vergés)¹



1. J. VERGÉS: *Estudi geològic del vessant sud del Pirineu oriental i central. Evolució cinemàtica en 3D*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 203 p.

centres deposicionals de la conca. D'aquesta manera, les seqüències sedimentàries basals quedaren incorporades en les làmines encavalcants.²⁰ Aquests processos tectònics van controlar l'evolució dels sistemes al·luvials

20. J. A. MUÑOZ, A. MARTÍNEZ i J. VERGÉS: «Thrust sequences in the eastern Spanish Pyrenees», *Journal of Structural Geology*, 8 (1986), p. 399-405; C. PUIGDEFÀBREGAS, J. A. MUÑOZ i M. MARZO: «Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin», *Special Publication of the International Association of Sedimentologists*, 8 (1986), p. 229-246; C. PUIGDEFÀBREGAS, J. A. MUÑOZ i J. VERGÉS: «Thrusting and Foreland Basin Evolution in the Southern Pyrenees», a K. R. McCLAY (ed.), *Thrust Tectonics*, Londres, Chapman and Hall, 1992, p. 247-254; J. VERGÉS: *Estudi geològic del vessant sud del Pirineu oriental i central. Evolució cinemàtica en 3D*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 203 p.

de procedència pirinenca.²¹ Durant el darrer episodi de deformació, entre l'Oligocè superior i el Miocè inferior, la conca es configurarà estructuralment tal com la coneixem actualment.

La formació de la conca de l'Ebre també es troba lligada a l'evolució compressiva de la serralada Ibèrica i de les serralades costaneres catalanes, que limiten la conca pel sud-oest i l'est, respectivament. Encara que el marge sud de la conca fou tectònicament actiu durant el Paleogen, la seva activitat va ser molt menor en comparació amb el marge pirinenc durant el mateix període de temps. Tot i això, aquestes estructures van generar altres depocentres de menor entitat a la zona meridional de la conca que controlaren alhora l'evolució dels sistemes al·luvials i lacustres.²²

El registre del Paleogen s'inicià a la conca de l'Ebre amb la sedimentació dels materials vermells d'ambients al·luvials, fluvials i lacustres del Paleocè inferior. Seguidament, es dipositaren les calcàries amb alveolines que corresponen a la primera transgressió marina de l'Eocè (Ilerdià) i que ocupà gran part de la conca (formacions Orpí, Cadí, Àger). Simultàniament, durant l'Eocè inferior s'inicià el desenvolupament dels primers relleus pirinencs que dividiren la conca en dues de separades: la conca d'Aquitània al nord i la conca de l'Ebre al sud. L'evolució sedimentària a la conca de l'Ebre estigué condicionada per diverses pulsacions marines transgressives-regressives. La darrera transgressió marina, d'edat Bartonnià-Priabonià,²³ evolucionà a condicions plenament endorreiques al sector oriental de la conca, on es desenvoluparen grans sistemes al·luvials i lacustres òptims per al desenvolupament de flora subaquàtica com els caròfits. La seqüència deposicional de Milany registra els darrers dipòsits plenament marins al sector oriental de la conca. A la zona de Vic-Manresa, els darrers dipòsits marins pertanyen als gresos deltaics de la Formació Sant Martí

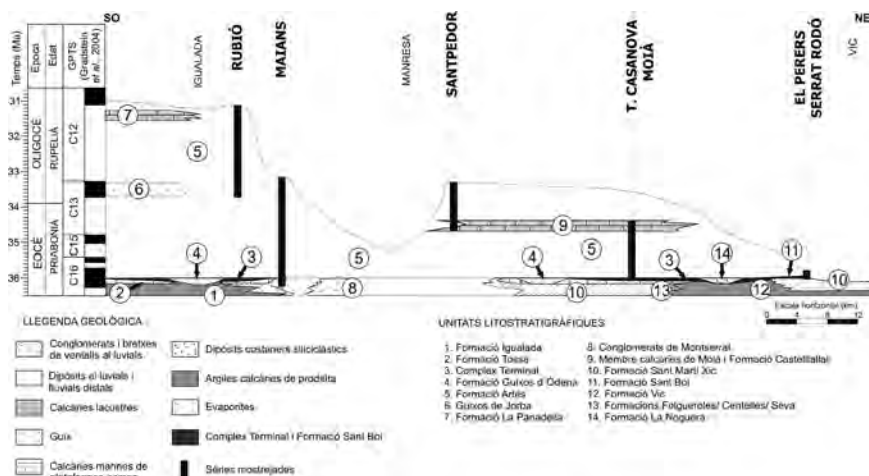
21. C. PUIGDEFÀBREGAS, J. A. MUÑOZ i M. MARZO: «Thrust belt development...», *op. cit.*, p. 229-246.
22. L. CABRERA: *Estratigrafía y sedimentología...*, *op. cit.*; P. ANADÓN, L. CABRERA, F. COLOMBO, M. MARZO i O. RIBA: «Syntectonic intradeformational unconformities in alluvial fan deposits. Eastern Ebro Basin margins (NE Spain)», *Special Publication of the International Association of Sedimentologists*, 8 (1986), p. 33-45; P. ANADÓN, L. CABRERA, B. COLLDEFORNS i A. SÁEZ: «Los sistemas lacustres del Eoceno superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro», *Acta Geológica Hispánica*, 24 (1989), p. 205-230.
23. J. SERRA-KIEL i A. TRAVÉ: «Lithostratigraphic and chronostratigraphic framework of the Bartonian sediments in the Vic and Igualada areas», a A. PEREJÓN i P. BUSQUETS (ed.), *VII International Symposium on fossil Cnidaria and Porifera. Bioconstructions of the Eocene South Pyrenean Foreland Basin (Vic and Igualada areas) and of the Upper Cretaceous South Pyrenees (Tresp area)*, Field Trip C, 1995, p. 11-14.

Xic,²⁴ que passen cap a l'interior de la conca a les margues de prodelta de la Formació Vic²⁵ i de la Formació Igualada.²⁶ Al sector oriental de la conca, els dipòsits transicionals estan representats per la seqüència deposicional de Cardona, principalment constituïda per roques evaporítiques (guixos i sals). De nord a sud, els dipòsits transicionals estan representats per les margues de la Formació Sant Boi, els gresos, les margues i les calcàries del Complex Terminal, les evaporites de la Formació Noguera i la Formació Guixos d'Òdena (figura 2).

L'activitat tectònica de les estructures frontals meridionals del Pirineu i de les serres marginals originà diferents ventalls al·luvials progradients en direcció sud. Els dipòsits d'aquests ventalls al·luvials constitueixen la seqüència deposicional de Solsona, la base de la qual és isòcrons al llarg de tot el marge est de la conca.²⁷ Les darreres dades biostratigràfiques basades en nanoplàncton calcari indiquen que els dipòsits marins més moderns de la conca de l'Ebre es dipositaren dins la biozona de nanoplàncton calcari NP19-20.²⁸ D'altra banda, les dades magnetostratigràfiques indiquen que la transició entre la sedimentació marina i la sedimentació continental fou un esdeveniment ràpid i isòcron al marge est de la conca i que

24. A. BARNOLAS: «Evolución sedimentaria de la Cuenca Surpirenaica Oriental durante el Eoceno», *Acta Geológica Hispánica*, 27 (1992), p. 15-31; A. BARNOLAS, J. M. SAMSÓ, J. SERRA-KIEL i J. TOSQUELLA: «Estructura interna del sistema deposicional de Sant Martí Xic», *Geogaceta*, 5 (1988), p. 69-71.
25. S. REGUANT: «El Eoceno marino de Vic (Barcelona). Investigaciones estratigráficas en el borde meridional de la depresión del Ebro», *Memorias del Instituto Geológico Minero de España*, 68 (1967), p. 1-350.
26. J. FERRER: «El Paleoceno y Eoceno del borde sur-oriental de la depresión del Ebro (Cataluña)», *Schweizerische Paläontologische Abhandlungen*, 9 (1971), p. 1-70.
27. J. I. RAMÍREZ, A. HERNÁNDEZ, A. OLIVÉ, B. COLLDEFORNIS, J. RAMÍREZ i A. del OLMO: «Definición de una nueva formación en el Priabonense de la zona meridional de la Depresión Central Catalana», a: F. COLOMBO, E. RAMOS-GUERREIRO i S. RIERA (ed.), *Comunicaciones. I Congreso del Grupo Español del Terciario*, Vic, Grupo Español del Terciario, 1991, p. 276-279; J. I. CANUDO, E. MOLINA, J. RIVELINA, J. SERRA-KIEL i M. SUCUNZA: «Les événements biostratigraphiques de la zone prépyrénéenne d'Aragón (Espagne), de l'Éocène Moyen à l'Oligocène Inférieur», *Revue de Micropaléontologie*, 31 (1988), p. 15-29; E. COSTA, M. GARCÉS, M. LÓPEZ-BLANCO, E. BEAMUND, M. GÓMEZ-PACCARD i J. CRUZ-LARRASOÑA: «Closing and continentalization of the South Pyrenean foreland basin (NE Spain): magnetochronological constraints», *Basin Research*, 22 (2010), p. 904-917.
28. A. CASCELLA i J. DINARÉS-TURELL: «Integrated calcareous nannofossil biostratigraphy and magnetostratigraphy from the uppermost marine Eocene deposits of the southeastern Pyrenean foreland basin: evidences for marine Priabonian deposition», *Geologica Acta*, 7 (2009), p. 281-296.

Figura 2. Marc cronostratigràfic del registre Eocè superior - Oligocè inferior del sector nord-est de la conca de l'Ebre (modificat de Costa)¹



1. E. COSTA, M. GARCÉS, M. LÓPEZ-BLANCO, E. BEAMUND, M. GÓMEZ-PACCARD i J. CRUZ-LARRASOÀNA: «Closing and continentalization of the South Pyrenean foreland basin (NE Spain): magne-tochronological constraints», *Basin Research*, 22 (2010), p. 904-917.

tingué lloc durant el cron C16n.²⁹ Els estudis biostratigràfics basats en caròfits concorden amb aquestes dades, ja que l'associació de caròfits procedent de la zona de Vic permeté atribuir als primers dipòsits continentals de la conca una edat Priabonià mitjà (biozona de *Harrisichara lineata*, abans anomenada biozona *vasiformis-tuberculata*).³⁰ Al sector nord-oriental de la conca, els dipòsits continentals estan representats per la Formació Artés, que està constituïda per fàcies al·luvials i fluvials vermelles intercalades amb capes de calcàries lacustres com el Membre Calcàries de Moia o la Formació Calcàries de la Panadella (figura 2).³¹ En direcció oest, a la zona central de la conca, el registre comprèn, principalment, dipòsits d'origen lacustre que passen lateralment a intervals detrítics vermells correspo-

29. E. COSTA, M. GARCÉS, M. LÓPEZ-BLANCO, E. BEAMUND, M. GÓMEZ-PACCARD i J. CRUZ-LARRASOÀNA: «Closing and continentalization...», *op. cit.*, p. 904-917.

30. J. SANJUAN, C. MARTÍN-CLOSAS, J. SERRA-KIEL i H. GALLARDO: «Stratigraphy and biostratigraphy (charophytes) of the marine-terrestrial transition in the Upper Eocene of the NE Ebro Basin (Catalonia, Spain)», *Geologica Acta*, 10 (2012), p. 19-31.

31. B. COLLDEFORNIS, P. ANADÓN i L. CABRERA: «Litoestratigrafía del Eoceno superior - Oligoceno inferior de la zona oriental de la cuenca del Ebro. Sector Igualada-Santa Coloma de Queralt», *Geogaceta*, 15 (1994), p. 55-58.

nents a les parts distals dels ventalls fluvials que drenaven la conca des dels marges.³²

Al sector sud-oriental de la conca, el registre sedimentari sobreposat als darrers dipòsits marins i transicionals està format per diverses unitats terrígenes, carbonatades i evaporítiques d'origen al·luvial i lacustre³³ que corresponen als grups Barberà i Escaladei i que passen verticalment a les unitats lacustres superiors definides per Colombo.³⁴ Segons aquest autor, el Grup Barberà o sistema al·luvial de Sant Miquel de Montclar es va formar com a conseqüència del desenvolupament de ventalls al·luvials provinents de les serralades costaneres catalanes. Aquest grup es troba constituït per materials grollers relacionats amb zones proximals dels ventalls (Formació Sant Miquel de Montclar) i dipòsits distals de planes fluvials (Formació Montblanc) alternats amb sediments d'ambients palustres i lacustres (Formació Sarral) i amb nivells conglomeràtics (Formació Sant Miquel de Montclar). El Grup Escaladei o sistema al·luvial del Montsant representa el desenvolupament de fàcies proximals (Formació Montsant) i mitjanes de plana al·luvial (Formació Margalef) amb intercalacions de potents cossos conglomeràtics. A més d'aquestes formacions es reconeixen dipòsits d'altres sistemes al·luvials dels quals no es conserven les parts més proximals, però que influïren sensiblement en l'evolució sedimentària en aquest sector de la conca. Aquests sistemes al·luvials es relacionen amb extenses zones de planes lutítiques i sistemes lacustres terrígens, carbonatats i evaporítics que donaren lloc a una successió d'unitats que mostren relacions geomètriques complexes.³⁵ Les unitats superiors definides per Colombo³⁶ i posteriorment per Colldeforns³⁷ estan representades, en les seccions estudiades, per un bon nombre de formacions d'origen lacustre i fluviolacustre (Formació Calcàries de Tàrrega, Formació La Panadella, Formació Montmaneu) (figura 3).

32. A. SÁEZ, P. ANADÓN, M. J. HERRERO i A. MOSCARIELLO: «Variable style of transition between Palaeogene fluvial fan and lacustrine systems, southern Pyrenean foreland, NE Spain», *Sedimentology*, 54 (2007), p. 367-390.

33. B. COLLDEFORNS, P. ANADÓN i L. CABRERA: «Litoestratigrafia del Eoceno...», *op. cit.*, p. 55-58.

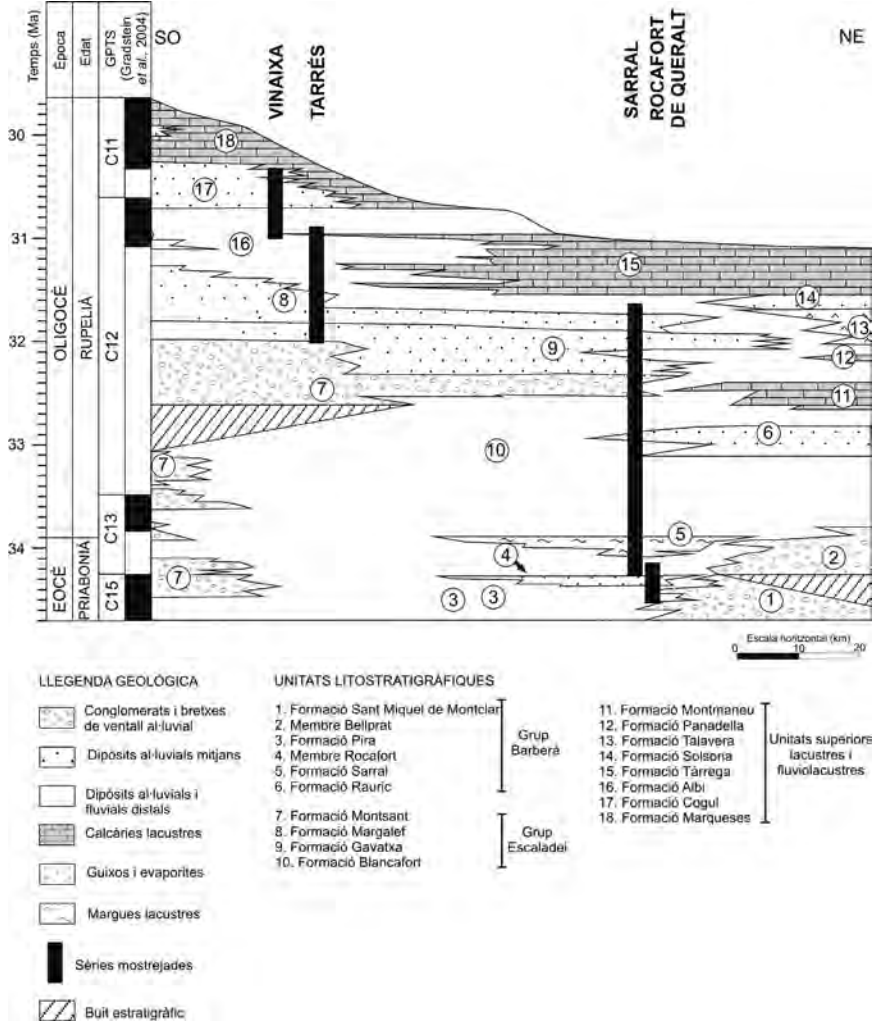
34. F. COLOMBO: *Estratigrafia y sedimentología...*, *op. cit.*; F. COLOMBO: «Estratigrafia y sedimentología del Paleógeno continental del borde meridional occidental de los Catalánides (Provincia de Tarragona, España)», *Cuadernos de Geología Ibérica*, 10 (1986), p. 55-115.

35. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè...*, *op. cit.*

36. F. COLOMBO: *Estratigrafia y sedimentología...*, *op. cit.*

37. B. COLLDEFORNS, P. ANADÓN i L. CABRERA: «Litoestratigrafia del Eoceno...», *op. cit.*, p. 55-58.

Figura 3. Marc cronostratigràfic del registre de l'Eocè superior - Oligocè inferior al sector sud-est de la conca de l'Ebre (modificat de Barberà)¹



1. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè del sector sud-oriental de la Conca de l'Ebre: implicacions magnetobiocronològiques i seqüencials*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1999, 247 p.

3. MATERIALS I MÈTODES

3.1. LOCALITZACIÓ DE LES SÈRIES ESTRATIGRÀFIQUES

Les sèries estratigràfiques estudiades es localitzen al marge oriental de la conca de l'Ebre. L'àrea d'estudi presenta un registre excepcionalment continu de dipòsits continentals del límit Eocè-Oligocè. Les diferents sèries o seccions han estat mostrejades sistemàticament amb una clara finalitat biostratigràfica. Al sector nord-est, les sèries estudiades se situen prop de les localitats de Sant Boi de Lluçanès (comarca d'Osona), Moià, Santpedor i Maians (comarca del Bages) i Rubió (comarca de l'Anoia) (figures 1 i 4). Al sector sud-oriental, les sèries se situen prop de les poblacions de Rocafort de Queralt i Sarral (comarca de la Conca de Barberà), Tarrés i Vinaixa (comarca de les Garrigues) (figures 1 i 5).

3.2. PROCESSAMENT DE LES MOSTRES

S'han rentat un total de 145 mostres de lutites i margues distribuïdes al llarg de les sèries. Un total de 87 mostres presenten contingut fòssilífer (caròfits). Per a cada mostra s'han rentat aproximadament 2 kg de sediment emprant garbells sobreposats d'1 mm, 0,5 mm i 0,2 mm de llum, després de deixar que el material perdés la cohesió i es desfés en una solució d'aigua, peròxid d'hidrogen i carbonat sòdic durant 24-72 hores. La fracció garbellada de cada mostra es trià a mà sota lupa binocular. La quantitat de sediment triat es féu en funció de l'abundància relativa de fòssils en cada mostra. En general, la tria es prolongà fins a obtenir una població aproximada de cent girogonits per espècie. Durant el triatge es féu una tria preliminar dels fòssils separant els diferents gèneres i/o espècies de caròfits, així com altres fòssils associats (tal·lus de caròfits, ostracodes, microgasteròpodes i restes fòssils de vertebrats). Una vegada el material quedà triat, es procedí al rentat dels fòssils coberts de sediment mitjançant una cubeta de vibració amb ultrasons. Gran part dels girogonits estudiats es van mesurar sota un binocular Wild M5A, amb un micròmetre acoblat a l'ocular. Posteriorment, els girogonits seleccionats s'han estudiat i fotografiat mitjançant un microscopi electrònic de rastreig Quanta 200 situat als Serveis Científicotècnics de la Universitat de Barcelona. El material seleccionat es troba al Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines de la Universitat de Barcelona.

3.3. SISTEMÀTICA PALEOBOTÀNICA

Les diferents sèries estudiades han proporcionat un total de disset espècies de caròfits d'edats Eocè superior - Oligocè inferior. La majoria de les espècies foren descrites prèviament a la mateixa conca de l'Ebre per altres autors.³⁸ Les principals espècies identificades d'interès biostratigràfic són *Harrisichara lineata* (Grambast, 1957),³⁹ morfotip intermedi entre *Harrisichara vasiformis*⁴⁰ (Grambast, 1957) i *H. tuberculata*,⁴¹ *Harrisichara tuberculata*,⁴² *Nodosochara jorbae*,⁴³ *Lychnothamnus vectensis*⁴⁴ (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989)⁴⁵ (= *Stephanochara vectensis*, Grambast, 1958⁴⁶), *Lychnothamnus major* (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989) (= *Rhabdochara major*, Grambast, 1958) i *Chara microcera*.⁴⁷

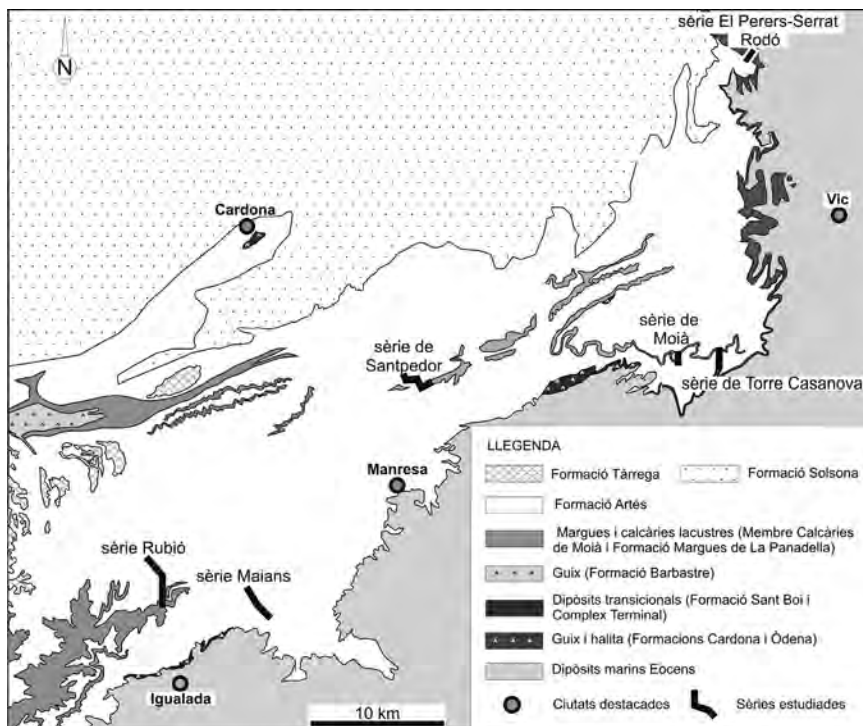
38. G. COLOM, L. VIA i S. REGUANT: «Hallazgo de *Harrisichara lineata*...», *op. cit.*, p. 65-66; P. ANADÓN i M. FEIST: «Charophytes et biostratigraphie...», *op. cit.*, p. 143-168; S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin...», *op. cit.*, p. 1-67; P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO, M. FEIST i A. SÁEZ: «Biozonación del Paleógeno...», *op. cit.*, p. 69-94; M. FEIST, P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Upper Eocene - Lowermost Miocene...», *op. cit.*, p. 1-32; J. SANJUAN, C. MARTÍN-CLOSAS, J. SERRA-KIEL i H. GALLARDO: «Stratigraphy and biostratigraphy...», *op. cit.*, p. 19-31; J. SANJUAN i C. MARTÍN-CLOSAS: «Charophyte palaeoecology in the Upper Eocene of the Eastern Ebro Basin (Catalonia, Spain)», *Biostratigraphic implications. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 365-366 (2012), p. 247-262.
39. L. GRAMBAST: «Ornementation de la gyrogonite et systématique chez les charophytes fossiles», *Revue générale de Botanique*, 64 (1957), p. 1-24.
40. C. REID i J. GROVES: «The Charophyta of the Lower Headon Beds of Hordle (Hordwell) Cliffs (South Hampshire)», *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 77 (1921), p. 175-192.
41. M. FEIST-CASTEL: «Evolution of the charophyte floras in the Upper Eocene and Lower Oligocene of the Isle of Wight», *Palaeontology*, 20 (1977), p. 143-157.
42. C. LYELL: «On a recent formation of freshwater limestone in Forfarshire, and some recent deposits of freshwater marl», *Transactions of the Geological Society of London*, 2 (1826), p. 72-96; L. GRAMBAST: «Ornementation de la gyrogonite...», *op. cit.*, p. 1-24.
43. S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin...», *op. cit.*, p. 1-67.
44. J. GROVES: «Charophyta», a E. M. REID i M. E. J. CHANDLER (ed.), *The Bembridge flora*, Londres, British Museum Catalogue, 1926, p. 165-173, col.1. «Cainozoicum Plants», 1.
45. I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: *Étude comparée de gyrogonites de charophytes actuelles et fossiles et phylogénie des genres actuels*, Millau, Imprimerie des Tilleuls, 1989, 237 p.
46. L. GRAMBAST: *Étude sur les charophytes tertiaires d'Europe Occidentale et leurs rapports avec les formes actuelles*, tesi doctoral, París, Université de Paris, 1958, 258 p.
47. L. GRAMBAST i P. H. PAUL: «Observations nouvelles sur la flore de charophytes du Stampien du bassin de Paris», *Bulletin de la Société géologique de France*, 7 (1965), p. 239-247.

4. ESTRATIGRAFIA DEL REGISTRE DE L'EOCÈ SUPERIOR - OLIGOCÈ INFERIOR A LA PART ORIENTAL DE LA CONCA DE L'EBRE

4.1. SECTOR NORD-ORIENTAL

Amb l'objectiu de cobrir el registre estratigràfic d'edat Eocè superior Oligocè inferior s'han alçat un total de tres seccions compostes (serrat Rodó - els Perers, Moià-Santpedor i Maians-Rubió) situades al sector nord-est de la conca de l'Ebre. Aquestes seccions estratigràfiques tallen els dipòsits transicionals de la Formació Sant Boi i els dipòsits fluvials i palustres de la Formació Artés (figures 1 i 4).

Figura 4. Esquema geològic de la part nord-oriental de la conca de l'Ebre amb la situació de les seccions mostrejades (modificat de Sanjuan i Martín-Closas)¹



I. J. SANJUAN i C. MARTÍN-CLOSAS: «Charophyte palaeoecology in the Upper Eocene of the Eastern Ebro Basin (Catalonia, Spain)», *Biostratigraphic implications. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 365-366 (2012), p. 247-262.

4.1.1. Secció composta del serrat Rodó - els Perers

La secció composta del serrat Rodó els Perers registra tota la Formació Sant Boi (figura 6), que està constituïda per uns quinze metres de potència de gresos grisos de gra fi alternats amb limolites i argiles, alhora recoberts per un interval característic de margues riques en matèria orgànica, lignit i caròfits.⁴⁸ La Formació Sant Boi presenta un canvi lateral marcat en la seva potència i la seva litologia. En direcció sud, aquesta formació passa lateralment al Complex Terminal, constituït per gresos, margues anòxiques, margues lacustres, guixos i calcàries estromatolítiques atribuïdes a ambients d'aigua dolça.⁴⁹ Segons aquests autors, el complex Terminal passa lateralment i queda recobert, al sector d'Igualada, per la Formació Guixos d'Òdena. Aquesta formació representa l'equivalent marginal dels dipòsits d'halita i silvinita de la Formació salina de Cardona situada a la part central de la conca. El contingut fossilífer i el tipus de fàcies suggereixen que la Formació Sant Boi es diposità en un context sedimentari de plana deltaica pròxima a la costa on dominaven ambients inundats d'aigües salobres i llacunes d'aigua dolça.⁵⁰

4.1.2. Secció composta de Moià-Santpedor

La secció composta de Moià-Santpedor registra la totalitat de la Formació Artés al sector més oriental de la conca (figura 6). La Formació Artés⁵¹ aflora al llarg del marge oriental de la conca en una franja orientada en direcció NE-SW de 15 km de llargada per 10 km d'amplada. Aquests dipòsits, de fins a 1.000 m de potència, estan constituïts per roques vermelles d'ambients al·luvials i fluvials amb intercalacions de calcàries d'ambients lacustres com el Membre Calcàries de Moià i la Formació La Panadella. La base de la sec-

48. J. SANJUAN, C. MARTÍN-CLOSAS, J. SERRA-KIEL i H. GALLARDO: «Stratigraphy and biostratigraphy...», *op. cit.*, p. 19-31.

49. A. TRAVÉ: *Sedimentologia, petrologia i geoquímica (elements traça i isòtops) dels estromatòlits de la Conca Eocena Sudpirinenca*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1992, 388 p.; A. TRAVÉ, J. SERRA-KIEL i I. ZAMARREÑO: «Paleoecological interpretation of transitional environments in Eocene carbonates (NE Spain)», *Palaïos*, 11 (1996), p. 141-160.

50. J. SANJUAN, C. MARTÍN-CLOSAS, J. SERRA-KIEL i H. GALLARDO: «Stratigraphy and biostratigraphy...», *op. cit.*, p. 19-31.

51. J. FERRER: «El Paleoceno y Eoceno...», *op. cit.*, p. 1-70; A. SÁEZ: *Estratigrafía y sedimentología...*, *op. cit.*

ció composta Moià-Santpedor (subsecció de Torre Casanova) es caracteritza per una successió de gresos de reompliment de canal, capes de gresos tabulars amb alta continuïtat lateral i lutites vermelles alternades amb nivells de margues. Les característiques sedimentològiques d'aquesta subsecció permeten atribuir-la a dipòsits de ventalls fluvials, de plana d'inundació i dipòsits lacustres.⁵² Sobreposat a aquest interval, la secció talla el Membre Calcàries de Moià. Aquest membre, d'uns 75 m de potència, està constituït per calcàries i margues. La part superior de la secció (subsecció de Santpedor) està composta per dipòsits de reompliment de canal de granulometria variable (grollera o fina) que s'alternen amb dipòsits de lutites i margues vermelles que es relacionen amb ambients fluvials i de planes d'inundació. La subsecció de Santpedor conté una unitat de gresos de 20 m de potència que presenta una alta continuïtat i extensió lateral (Unitat Gresos de Santpedor). Aquest interval característic es pot reconèixer cartogràficament a gran part del marge oriental de la conca. A més, representa un nivell clau per a la correlació litostratigràfica i un nivell guia del límit Eocè-Oligocè.⁵³

Les dades biostratigràfiques de la secció composta de Moià-Santpedor inclouen diversos jaciments clàssics de micromamífers de l'Eocè superior i l'Oligocè inferior (Sant Cugat de Gavadons i Santpedor). L'associació faunística de Sant Cugat de Gavadons s'atribuí a la biozona local de *Theridomys golpeae* i al nivell de referència de mamífers europeus MP19-20.⁵⁴ Recentment, Hooker i els seus col·laboradors⁵⁵ suggeriren per a aquest jaciment una correlació alternativa amb el nivell de referència de mamífers europeus MP18. El jaciment de micromamífers de Santpedor s'incloué dins la biozona local de mamífers *Theridomys aquatilis* i dins el nivell de

52. A. SÁEZ, P. ANADÓN, M. J. HERRERO i A. MOSCARIELLO: «Variable style of transition...», *op. cit.*, p. 367-390; J. SANJUAN, C. MARTÍN-CLOSAS, J. SERRA-KIEL i H. GALLARDO: «Stratigraphy and biostratigraphy...», *op. cit.*, p. 19-31.

53. A. SÁEZ: *Estratigrafia y sedimentología...*, *op. cit.*; E. COSTA, M. GARCÉS, M. LÓPEZ-BLANCO, E. BEAMUND, M. GÓMEZ-PACCARD i J. CRUZ-LARRASOÑA: «Closing and continentalization...», *op. cit.*, p. 904-917.

54. J. AGUSTÍ, P. ANADÓN, S. ARBIOL, L. CABRERA, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Biostratigraphical characteristics...», *op. cit.*, p. 35-42; P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO, M. FEIST i A. SÁEZ: «Biozonación del Paleógeno...», *op. cit.*, p. 69-94; A. SÁEZ: *Estratigrafia y sedimentología...*, *op. cit.*; S. ARBIOL i A. SÁEZ: «Sobre la edad Oligocénica...», *op. cit.*, p. 47-50.

55. J. J. HOOKER, S. T. GRIMES, D. P. MATTEY, M. E. COLLINSON i N. D. SHELDON: «Refined correlation of the UK Late Eocene-Early Oligocene Solent Group and timing of its climate history», a C. KOEBERL i A. MONTANARI (ed.), *The Late Eocene Earth-Hothouse, Icehouse and Impacts*, Boulder, The Geological Society of America, 2009, p. 179-195, col·l. «Special Paper», 452.

referència de mamífers europeus MP21.⁵⁶ Aquest jaciment de vertebrats es troba situat a la part superior de la secció de Santpedor, sobreposat a trenta metres per damunt de la Unitat Gresos de Santpedor (figura 6). Les dades biostratigràfiques prèvies a partir de caròfits es basen en el treball de Choi,⁵⁷ que datà d'edat Priabonià diversos nivells d'aquesta secció a partir d'un mostratge no sistemàtic i absent de continuïtat vertical. Posteriorment, Feist i els seus col·laboradors⁵⁸ inclogueren els jaciments de Sant Cugat de Gavadons i de Moià dins la biozona local de *Sphaerochara labellata* (Priabonià superior) i el jaciment de Santpedor dins la biozona local de *Stephanochara vectensis* (Priabonià superior - Rupelià inferior).

4.1.3. Secció composta de Maians-Rubió

La secció composta de Maians-Rubió consta de 1.135 m de potència i es troba constituïda per nivells vermells al·luvials i fluvials amb intercalacions de margues lacustres palustres de la Formació Artés (figura 7). Aquests dipòsits corresponen a les parts distals del ventall al·luvial de Montserrat-Igualada.⁵⁹ La part inferior d'aquesta secció composta està representada per la subsecció de Maians i es caracteritza per una successió de dipòsits de reompliment de canal, amb una litologia variable (alternança de conglomerats, gresos i lutites vermelles). La part superior es troba representada per la subsecció de Rubió, constituïda a la base per 50 m de margues lacustres. Interestratificada dins d'aquest interval, destaca la Unitat Gresos de Santpedor. Els materials suprajacents inclouen materials atribuïts a dipòsits de plana d'inundació (alternança de lutites vermelles, nivells poc potents de gresos tabulars amb una gran extensió lateral i margues) (figura 7). Els 200 m superiors de la subsecció de Rubió estan dominats per seqüències de paleocanals de granulometria grollera, que s'interpreten com a dipòsits plenament fluvials.⁶⁰ Les característiques litològiques d'aquests dipò-

56. J. AGUSTÍ, P. ANADÓN, S. ARBIOL, L. CABRERA, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Biostratigraphical characteristics...», *op. cit.*, p. 35-42; P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO, M. FEIST i A. SÁEZ: «Biozonación del Paleógeno...», *op. cit.*, p. 69-94; A. SÁEZ: *Estratigrafía y sedimentología...*, *op. cit.*; S. ARBIOL i A. SÁEZ: «Sobre la edad Oligocénica...», *op. cit.*, p. 47-50.

57. S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin...», *op. cit.*, p. 1-67.

58. M. FEIST, P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Upper Eocene - Lowermost Miocene...», *op. cit.*, p. 1-32.

59. A. SÁEZ: *Estratigrafía y sedimentología...*, *op. cit.*

60. E. COSTA, M. GARCÉS, M. LÓPEZ-BLANCO, E. BEAMUND, M. GÓMEZ-PACCARD i J. CRUZ-LARRASOÑA: «Closing and continentalization...», *op. cit.*, p. 904-917.

sits limiten la presència de mostres riques en caròfits. A més, a diferència de la secció composta de Moià-Santpedor, la secció de Maians-Rubió no disposa de treballs biostratigràfics previs.

4.2. SECTOR SUD-ORIENTAL

Els materials d'aquest sector de la conca (seccions de Rocafort-Sarral i Tarrés-Vinaixa) afloren prop del marge meridional de les serralades costaneres catalanes. Segons Colombo,⁶¹ aquestes seccions registren els grups Barberà i Escaladei i la seva gradació cap a les unitats superiors (Formació Tàrrega). Aquests grups sedimentaris estan representats per fàcies intermèdies i marginals dels sistemes al·luvials de Sant Miquel de Montclar i del Montsant. Aquestes fàcies sovint s'alternen amb dipòsits dels sistemes lacustres de la Noguera, l'Anoia, la Segarra, l'Urgell i les Garrigues.

4.2.1. Secció composta de Rocafort-Sarral

La part inferior d'aquesta secció composta està constituïda per la subsecció de Rocafort, de 75 m de potència (figura 8). La base d'aquesta subsecció es caracteritza per 25 m de conglomerats i gresos de la Formació Sant Miquel de Montclar.⁶² La part central de la subsecció està representada per 25 m de lutites, margues i calcàries del Membre Rocafort. A la base d'aquestes calcàries se situa el jaciment clàssic de micromamífers de Rocafort de Queralt i diversos nivells amb abundant flora de caròfits.⁶³ Els dipòsits suprajacents es caracteritzen per la presència de gresos, lutites, calcàries i guixos de la Formació Pira.⁶⁴ La major part de la secció composta Rocafort-Sarral es troba formada per la subsecció de Sarral, de 620 m de potència i que es pot dividir en quatre intervals amb entitat pròpia.⁶⁵ La part inferior, de 95 m de potència, registra la part superior del Membre de Roca-

61. F. COLOMBO: «Estratigrafía y sedimentología...», *op. cit.*, p. 55-115.

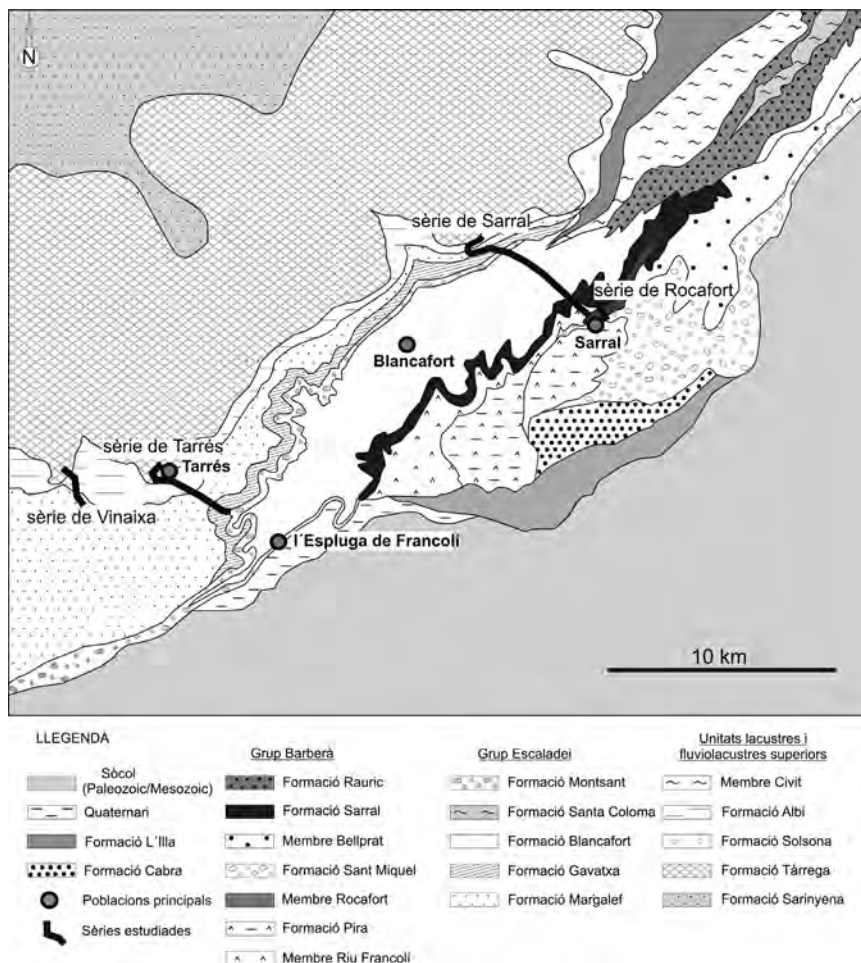
62. F. COLOMBO: *Estratigrafía y sedimentología...*, *op. cit.*; F. COLOMBO: «Estratigrafía y sedimentología...», *op. cit.*, p. 55-115.

63. J. AGUSTÍ, P. ANADÓN, S. ARBIOL, L. CABRERA, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Biostratigraphical characteristics...», *op. cit.*, p. 35-42; P. ANADÓN, M. VIANEY-LIAUD, L. CABRERA i J. L. HARTENBERG: «Gisements à vertébrés du Paléogène...», *op. cit.*, p. 117-131; S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin...», *op. cit.*, p. 1-67.

64. B. COLLEFORNS, P. ANADÓN i L. CABRERA: «Litoestratigrafía del Eoceno...», *op. cit.*, p. 55-58.

65. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafía de l'Oligocè...*, *op. cit.*

Figura 5. Esquema geològic de la part sud-oriental de la conca de l'Ebre amb la situació de les seccions mostrejades (modificat de Barberà)¹



1. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè del sector sud-oriental de la Conca de l'Ebre: implicacions magnetobiocronològiques i seqüencials*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1999, 247 p.

fort i les formacions Pira i Sarral. Els 70 m de potència de la Formació Sarral estan constituïts principalment per calcàries ben estratificades i margues, amb alternances de lutites vermelles o grises i nivells de gresos. Aquest conjunt litològic s'atribuï a un sistema lacustre ben desenvolupat i

estable.⁶⁶ La Formació Sarral adquirí un cert renom durant la dècada dels anys setanta, ja que s'hi desenvoluparen diversos estudis paleobotànics.⁶⁷ El segon interval, de 240 m de potència, està constituït per lutites i gresos vermells amb una gran continuïtat lateral i que s'alternen amb margues o nivells de guix corresponents a la Formació Blancafort. Aquests dipòsits s'atribuïren a planes d'inundació.⁶⁸ Interstratificat dins d'aquest interval, es reconeix un conjunt de cossos sorrenes amb geometries canaliformes de fins a 10 m de potència i de base fortament erosiva que s'assignaren a la Formació Rauric.⁶⁹ La base del tercer interval es compon de 30 m de dipòsits vermells que s'atribuïren a la Formació Montsant.⁷⁰ Els materials suprajacents estan constituïts de gresos tabulars vermells i lutites alternats amb alguns nivells de calcària de la Formació Gavatxa.⁷¹ El darrer interval està format per 50 m de dipòsits de gres de morfologia canaliforme alternats amb lutites vermelles i grises de la Formació Margalef.⁷² Superposat a aquests dipòsits, el registre sedimentari està constituït per gresos i lutites bigarrades de la Formació Albi, atribuïts a dipòsits de plana d'inundació distals lateralment equivalents als dipòsits lacustres de la Formació Tàrrega.⁷³

Les dades biostratigràfiques prèvies procedents d'aquesta secció es basen en el jaciment de micromamífers de Rocafort de Queralt.⁷⁴ Segons aquests autors, el conjunt faunístic de Rocafort de Queralt pertany al nivell de referència de mamífers europeus de Montmartre (MP19-20, Priabonià

66. F. COLOMBO: *Estratigrafía y sedimentología...*, *op. cit.*; F. COLOMBO: «Estratigrafía y sedimentología...», *op. cit.*, p. 55-115.
67. M. T. FERNÁNDEZ MARRÓN: *Estudio paleoecológico y revisión sistemática de la flora fósil del Oligoceno español*, tesi doctoral, Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 1971, 177 p.; M. T. FERNÁNDEZ MARRÓN: «Nuevas aportaciones a la sistemática y paleoecología de la flora oligocena de Sarreal (Tarragona)», *Estudios Geológicos*, 29 (1973), p. 157-169.
68. F. COLOMBO: «Estratigrafía y sedimentología...», *op. cit.*, p. 55-115.
69. B. COLLDEFORNS, P. ANADÓN i L. CABRERA: «Litoestratigrafía del Eoceno...», *op. cit.*, p. 55-58; X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè...*, *op. cit.*
70. X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.
71. B. COLLDEFORNS, P. ANADÓN i L. CABRERA: «Litoestratigrafía del Eoceno...», *op. cit.*, p. 55-58.
72. F. COLOMBO: *Estratigrafía y sedimentología...*, *op. cit.*; F. COLOMBO: «Estratigrafía y sedimentología...», *op. cit.*, p. 55-115.
73. O. RIBA: «Mapa geológico de España (1:200.000), Hoja nº 33, Lérida». Madrid, Instituto Geológico y Minero de España, 1971, 31 p.; B. COLLDEFORNS, P. ANADÓN i L. CABRERA: «Litoestratigrafía del Eoceno...», *op. cit.*, p. 55-58.
74. J. AGUSTÍ, P. ANADÓN, S. ARBIOL, L. CABRERA, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Biostratigraphical characteristics...», *op. cit.*, p. 35-42; P. ANADÓN, M. VIANEY-LIAUD, L. CABRERA i J. L. HARTENBERG: «Gisements à vertébrés du Paléogène...», *op. cit.*, p. 117-131.

mitjà). D'altra banda, Barberà⁷⁵ inclogué el jaciment de Rocafort a la biozona local de micromamífers de *Theridomys golpeae*. Amb l'objectiu de precisar l'edat d'aquest jaciment i del jaciment de macroflora de la Formació Sarral, Choi⁷⁶ obtingué dades biostratigràfiques a partir de caròfits. Així, a partir de l'associació de caròfits, aquesta autora datà ambdós jaciments d'edat Eocè superior (Priabonià). Posteriorment, Feist i els seus col·laboradors⁷⁷ inclogueren el conjunt de caròfits de Rocafort de Queralt i Sarral dins la biozona local de *Sphaerochara labellata* (Priabonià superior) i dins la biozona local *Stephanochara vectensis* (Priabonià superior - Rupe-lià inferior), respectivament.

4.2.2. Secció composta de Tarrés-Vinaixa

La part inferior d'aquesta secció composta està representada pels 290 m de potència de la subsecció de Tarrés (figura 9). La base de la subsecció de Tarrés es compon principalment de 80 m de conglomerats que s'alternen amb gresos, lutites bigarrades i carbonats pedogenètics de la Formació Montsant.⁷⁸ Dins d'aquest interval es localitza el jaciment de micromamífers de Vimbodí que fou descrit per Colombo i els seus col·laboradors.⁷⁹ Els materials sobreposats a aquest primer interval corresponen a lutites vermelles, gresos i carbonats pedogenètics de la Formació Gavatxa i gresos relacionats amb dipòsits de reompliment de canal de la Formació Margalef. La part superior de la subsecció de Tarrés està representada per 105 m de nivells de gresos intercalats amb pelites vermelles de la Formació Albi. El tram que corona la subsecció de Tarrés està constituït per cinc metres de potència de calcàries i margues riques en restes de micromamífers que es relacionen amb dipòsits plenament lacustres. Dins aquest interval, Barberà⁸⁰ i els seus col·laboradors⁸¹ definiren i dataren el jaciment

75. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè...*, *op. cit.*

76. S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin...», *op. cit.*, p. 1-67.

77. M. FEIST, P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Upper Eocene - Lowermost Miocene...», *op. cit.*, p. 1-32.

78. F. COLOMBO: *Estratigrafia y sedimentología...*, *op. cit.*; F. COLOMBO: «Estratigrafía y sedimentología...», *op. cit.*, p. 55-115.

79. F. COLOMBO, S. MOYA, L. CHECA, J. AGUSTÍ i M. KÖHLER: «Yacimiento de vertebrados...», *op. cit.*, p. 31-34.

80. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè...*, *op. cit.*

81. X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

de micromamífers de Tarrés. Aquest interval lacustre equival lateralment a la Formació Calcàries de Tàrraga.

La part superior de la secció composta es caracteritza per la subsecció de Vinaixa, de 170 m de potència (figura 9). La base d'aquesta subsecció es caracteritza per una successió de 65 m de potència de gresos i lutites vermelles bigarrades amb intercalacions de conglomerats i de carbonats pedogenètics de la Formació Margalef. Sobreposats a aquests dipòsits, la sèrie registra un tram cobert de 30 m equivalent als gresos de la Formació Albi i un tram de 35 m de potència constituït per alternances de gresos de coloració grisa i guix secundari corresponent a dipòsits de procedència septentrional (pirinenca) relacionats amb la Formació Solsona.⁸² Els darrers 40 m de la subsecció de Vinaixa es caracteritzen per la presència de calcàries, lutites grises, guix primari i algun nivell de gres poc potent corresponent a la Formació Marqueses. En aquesta formació s'intercalen nivells sorrencs corresponents a la Formació Cogul.⁸³ En aquest darrer tram es registrà el jaciment de micromamífers de Vinaixa que fou descrit i datat per Barberà⁸⁴ i els seus col·laboradors.⁸⁵

Fins ara, les dades biostratigràfiques de la secció composta Tarrés-Vinaixa es basen en els jaciments de micromamífers de Vimbodí,⁸⁶ Tarrés i Vinaixa.⁸⁷ Segons aquests autors, les associacions faunístiques de Vimbodí i Tarrés pertanyen al nivell de referència de mamífers europeus MP23 i a la biozona local de micromamífers *Theridomys major*. L'associació de mamífers de Vinaixa s'atribueix al nivell de referència de mamífers europeus MP24 i a la biozona local de micromamífers *Blainvillimys blainvillei*.⁸⁸

82. O. RIBA: «Resultados de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la depresión central catalana», *Acta Geológica Hispánica*, 1 (1967), p. 1-6.

83. B. COLDEFORNS, P. ANADÓN i L. CABRERA: «Nuevos datos sobre la litoestratigrafía del Eoceno-Oligoceno inferior de la zona suroriental de la Cuenca del Ebro (sector Pontils-Montblanc, provincias de Tarragona y Barcelona)», *Geogaceta*, 16 (1994), p. 98-101.

84. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè...*, *op. cit.*

85. X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

86. F. COLOMBO, S. MOYA, L. CHECA, J. AGUSTÍ i M. KÖHLER: «Yacimiento de vertebrados...», *op. cit.*, p. 31-34.

87. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè...*, *op. cit.*; X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

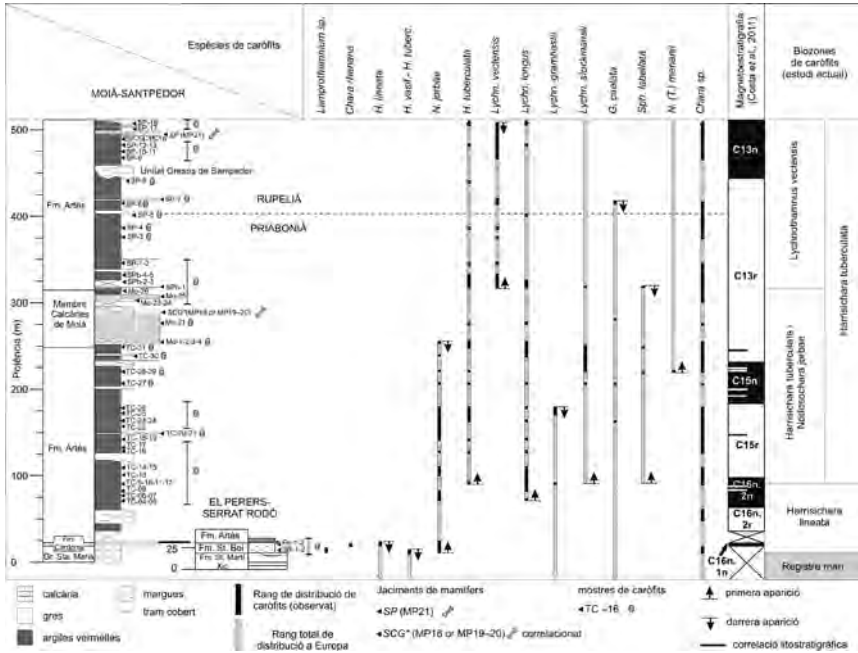
88. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè...*, *op. cit.*; X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

5. BIOSTRATIGRAFIA DELS CARÒFITS

5.1. BIOSTRATIGRAFIA DE LA SECCIÓ COMPOSTA DELS PERERS - SERRAT RODÓ

Sanjuan i els seus col·laboradors⁸⁹ descrigueren cinc espècies diferents de caròfits dins la Formació Sant Boi. El conjunt està format per *Harrisichara lineata* (Grambast, 1957), morfotip intermedi entre *Harrisichara vasiformis*⁹⁰ (Grambast, 1957) i *Harrisichara tuberculata*,⁹¹ *Nodosochara jorbae*,⁹² *Gyro-*

Figura 6. Registre estratigràfic de les seccions compostes dels Perers serrat Rodó i Moia-Santpedor on es veu la distribució de les diferents mostres de caròfits, la distribució de les espècies al llarg de les sèries i les dades magnetostatigràfiques. S'indica la localització de jaciments de mamífers fòssils (SCG, Sant Cugat de Gavadons, i SP, Santpedor) i la seva atribució amb els nivells de referència de mamífers europeus (MP)



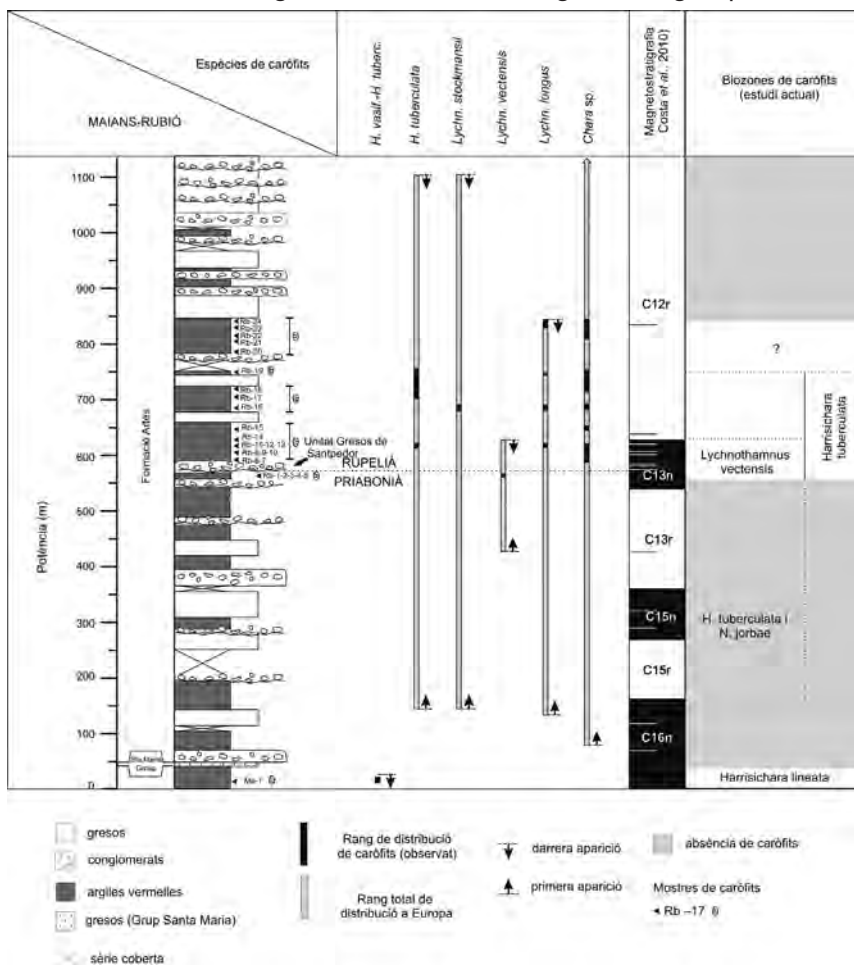
89. J. SANJUAN, C. MARTÍN-CLOSAS, J. SERRA-KIEL i H. GALLARDO: «Stratigraphy and biostratigraphy...», *op. cit.*, p. 19-31.

90. C. REID i J. GROVES: «The Charophyta of the Lower...», *op. cit.*, p. 175-192.

91. M. FEIST-CASTEL: «Evolution of the charophyte...», *op. cit.*, p. 143-157.

92. S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin...», *op. cit.*, p. 1-67.

Figura 7. Registre estratigràfic de la secció composta de Maians-Rubió on es veu la situació de les mostres de caròfits, la distribució de les espècies de caròfits al llarg de la sèrie i les dades magnetostratigràfiques



gona sp., *Lamprothamnium sp.* i *Chara sp.* (figura 6). Aquesta associació de caròfits fou assignada a la biozona europea de *Harrisichara vasiformis-tuberculata* de Riveline i els seus col·laboradors,⁹³ d'edat Priabonià mitjà.

93. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHKE: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

5.2. BIOSTRATIGRAFIA DE LA SECCIÓ COMPOSTA DE MOIÀ-SANTPEDOR

La secció composta de Moià-Santpedor conté una associació de caròfits constituïda per *Harrisichara tuberculata*⁹⁴ (Grambast, 1957), *Lychnothamnus vectensis*⁹⁵ (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989), *Lychnothamnus stockmansii*⁹⁶ (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989), *Lychnothamnus grambastii*⁹⁷ (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989), *Lychnothamnus longus*,⁹⁸ *Nodosochara jorbae*;⁹⁹ *Gyrogona caelata*¹⁰⁰ (Grambast, 1956), *Nitellopsis (Tectochara) merianii* (Al. Braun ex Unger, 1852) (nov. comb. Grambast i Soulié-Märsche, 1972); *Sphaerochara labellata*,¹⁰¹ i *Chara sp.* (figura 6). La presència contínua de l'espècie *Harrisichara tuberculata* al llarg d'una gran part de la secció indica que correspon a la superzona homònima de Riveline i els seus col·laboradors.¹⁰² No obstant això, l'absència de *Rhabdochara major* i d'altres tàxons associats no permet registrar el límit superior d'aquesta superzona. Més en detall, la primera aparició de l'espècie *Lychnothamnus vectensis* a la mostra SPb-1 ens permet incloure tota la secció composta a la biozona europea de *Lychnothamnus vectensis*. A més a més, la presència de *Sphaerochara labellata* suggereix que la part inferior de la secció composta (subsecció de Torre Casanova) pertany a la part basal de la biozona europea de *Lychnothamnus vectensis*. Resumint, i d'acord amb Riveline i els seus col·laboradors,¹⁰³ la secció composta de Moià-Santpedor registra el límit inferior de la superzona europea de *Harrisichara tuberculata* i el límit inferior de la biozona europea de *Lychnothamnus vectensis*.

94. C. LYELL: «On a recent formation...», *op. cit.*, p. 72-96.

95. J. GROVES: «Charophyta», *op. cit.*, p. 165-173.

96. L. GRAMBAST: «Ornementation de la gyrogonite...», *op. cit.*, p. 1-24.

97. M. FEIST-CASTEL: «Sur les Charophytes fossiles du bassin Tertiaire d'Alés (Gard)», *Geobios*, 4 (1971), p. 157-172.

98. S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin...», *op. cit.*, p. 1-67.

99. S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin...», *op. cit.*, p. 1-67.

100. C. REID i J. GROVES: «The Charophyta of the Lower...», *op. cit.*, p. 175-192.

101. M. FEIST i M. RINGEADE: «Étude biostratigraphique et paléobotanique...», *op. cit.*, p. 341-354.

102. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

103. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

5.3. BIOSTRATIGRAFIA DE LA SECCIÓ COMPOSTA DE MAIANS-RUBIÓ

El predomini de dipòsits amb textures de granulometria grollera en aquesta sèrie limita la presència de mostres amb contingut fossilífer. Únicament una mostra situada a la base de la subsecció de Maians (mostra Ma-1) ha proporcionat girogonits atribuïts a morfotips intermedis entre l'espècie *Harrisichara vasiformis*¹⁰⁴ (Grambast, 1957) i l'espècie *Harrisichara tuberculata*¹⁰⁵ (figura 7). Aquesta mostra ha permès assignar la base de la subsecció de Maians a la biozona de *Harrisichara vasiformis-tuberculata* d'edat Priabonià mitjà.¹⁰⁶

La subsecció de Rubió conté cinc espècies de caròfits ubicades principalment a la seva base (figura 7). El conjunt de caròfits està format per *Harrisichara tuberculata*¹⁰⁷ (Grambast, 1957), *Lychnothamnus stockmansii*¹⁰⁸ (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989), *Lychnothamnus vectensis*¹⁰⁹ (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989), *Lychnothamnus longus*¹¹⁰ i *Chara sp.*, que pertanyen a la superzona *Harrisichara tuberculata* de Riveline i els seus col·laboradors.¹¹¹ La presència de *Lychnothamnus vectensis* a la mostra Rb-3 suggereix que, almenys la biozona europea de *Lychnothamnus vectensis* en el sentit de Riveline i els seus col·laboradors¹¹² es troba representada a la base d'aquesta secció.

5.4. BIOSTRATIGRAFIA DE LA SECCIÓ COMPOSTA DE ROCAFORT-SARRAL

La secció composta de Rocafort-Sarral conté una associació de caròfits formada per les espècies *Harrisichara tuberculata*¹¹³ (Grambast, 1957),

104. C. REID i J. GROVES: «The Charophyta of the Lower...», *op. cit.*, p. 175-192.

105. M. FEIST i M. RINGEADE: «Étude biostratigraphique et paléobotanique...», *op. cit.*, p. 341-354.

106. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468; J. HARDENBOL, J. THIERRY, B. F. MARTIN, T. JACQUIN, P. C. GRACIANSKY i P. R. VAIL: «Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Framework of European Basins», *SEPM Special Publication*, 60 (1998).

107. C. LYELL: «On a recent formation...», *op. cit.*, p. 72-96.

108. L. GRAMBAST: «Ornementation de la gyrogonite...», *op. cit.*, p. 1-24.

109. J. GROVES: «Charophyta», *op. cit.*, p. 165-173.

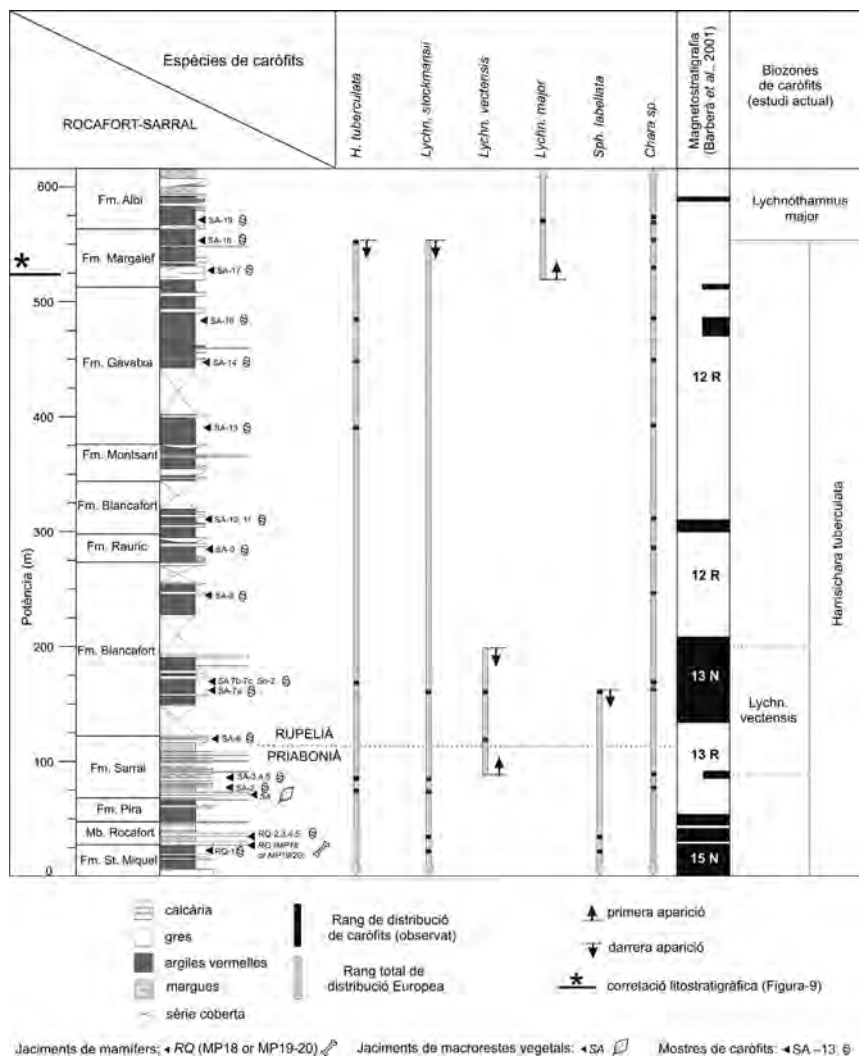
110. S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin...», *op. cit.*, p. 1-67.

111. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

112. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

113. C. LYELL: «On a recent formation...», *op. cit.*, p. 72-96.

Figura 8. Registre estratigràfic de la secció composta de Rocafort-Sarrià on es veu la situació de les mostres de caròfits, la distribució de les espècies de caròfits al llarg de la sèrie i les dades magnetostratigràfiques. S'indica la localització del jaciment de mamífers fòssils (RQ, Rocafort de Queralt) i la seva atribució als nivells de referència de mamífers europeus (MP). S'indica la localització del jaciment de macroflora de Sarrià (SA)



*Lychnothamnus vectensis*¹¹⁴ (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989), *Lychnothamnus stockmansii*¹¹⁵ (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989), *Lychnothamnus major*¹¹⁶ (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989), *Sphaerochara labellata*¹¹⁷ i *Chara sp.* (figura 8). La presència de *Harrisichara tuberculata* i tàxons associats indica que aquesta sèrie pertany a la superzona de *Harrisichara tuberculata* de Riveline i els seus col·laboradors.¹¹⁸ L'absència de *Harrisichara tuberculata* i la presència de *Lychnothamnus major* a la mostra SA-19 marca el límit superior d'aquesta superzona. A més, l'última aparició de *Lychnothamnus vectensis* a la mostra SA-7 permet assignar la part inferior de la subsecció de Rocafort-Sarral a la biozona europea *Lychnothamnus vectensis*. No obstant això, l'absència de caròfits relacionats amb la biozona europea de *Harrisichara vasiformis-tuberculata* no permet definir-ne el límit inferior. Cal destacar la presència de l'espècie *Sphaerochara labellata* a la subsecció de Rocafort, ja que aquesta espècie indica que la part inferior de la secció composta pertany a l'àrea basal de la biozona europea *Lychnothamnus vectensis*. En resum, la secció composta Rocafort-Sarral registra la superzona europea de *Harrisichara tuberculata* i una part de la biozona europea de *Lychnothamnus vectensis*.

5.5. BIOSTRATIGRAFIA DE LA SECCIÓ COMPOSTA DE TARRÉS-VINAIXA

La secció composta de Tarrés-Vinaixa conté l'associació de caròfits formada per les espècies *Lychnothamnus major*¹¹⁹ (nov. comb. Soulié-Märsche, 1989), *Nitellopsis (Tectochara) merianii* (Al. Braun ex Unger 1852) (nov. comb. Grambast i Soulié-Märsche, 1972), *Psilochara sp.*, *Chara microcera*,¹²⁰ *Chara sp.* i *Sphaerochara sp.* (figura 9). La primera aparició de l'espècie *Chara microcera* es localitza a la mostra TA-1, que correspon al jaciment de micromamífers del Talladell. Aquest jaciment fou correlacionat per Barberà i els seus col·laboradors¹²¹ amb la part superior de

114. J. GROVES: «Charophyta», *op. cit.*, p. 165-173.

115. L. GRAMBAST: «Ornementation de la gyrogonite...», *op. cit.*, p. 1-24.

116. L. GRAMBAST: Étude sur les charophytes..., *op. cit.*

117. M. FEIST i M. RINGEADE: «Étude biostratigraphique et paléobotanique...», *op. cit.*, p. 341-354.

118. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

119. L. GRAMBAST: Étude sur les charophytes..., *op. cit.*

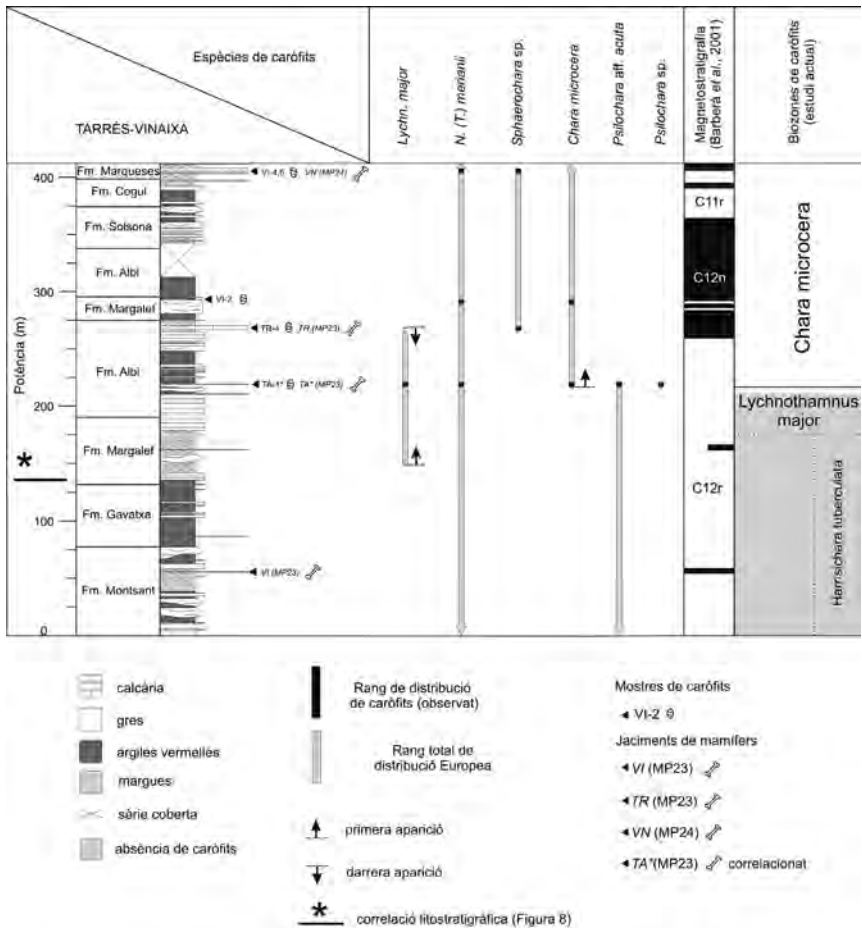
120. L. GRAMBAST i P. H. PAUL: «Observations nouvelles...», *op. cit.*, p. 239-247.

121. X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

la subsecció de Tarrés (situada a uns 220 m des de la base de la secció). L'aparició de *Chara microcera* al jaciment del Talladell indica que els dipòsits suprajacents (nivells estratigràfics sobreposats a la subsecció de Tarrés i tota la subsecció de Vinaixa) pertanyen a la biozona europea de *Chara*

Figura 9. Registre estratigràfic de la secció composta de Tarrés-Vinaixa on es veu la situació de les mostres de caròfits, la distribució de les espècies de caròfits al llarg de la sèrie i les dades magnetostratigràfiques. S'indica la localització dels jaciments de mamífers fòssils (VI, Vimbodí; TR, Tarrés; TA, Tàrrrega/el Talladell i VN, Vinaixa) i la seva atribució als nivells de referència de mamífers europeus (MP).

Els canvis laterals entre formacions es troben representats a la figura 3



microcera de Riveline i els seus col·laboradors.¹²² No obstant això, l'absència de *Sphaerochara ungeri* i altres tàxons de caròfits associats no ha permès caracteritzar-ne el límit superior. Aquesta secció registra, a més, la biozona europea de *Lychnothamnus major* (figura 9).

6. REVISIÓ DE LA BIOZONACIÓ DE CARÒFITS DE L'EOCÈ SUPERIOR - OLIGOCÈ INFERIOR

El mostreig intensiu de les seccions estudiades ha proporcionat una flora de caròfits abundant i en bon estat de conservació. Una gran part de les espècies identificades en les seccions estudiades presenten un alt valor biostratigràfic, la qual cosa ha permès revisar la biozonació de caròfits europeus preexistent de l'Eocè superior - Oligocè inferior (figura 10).

6.1. BIOZONA EUROPEA HARRISICHARA LINEATA

Definició

Equival a la biozona europea de *Harrisichara vasiformis-tuberculata* definida per Riveline i els seus col·laboradors¹²³ com a biozona d'interval. D'acord amb aquesta autora, es delimita entre l'última aparició de *Gyrogona tuberosa* i la primera aparició de *Harrisichara tuberculata*.

Comentaris

El canvi de nom de la biozona es fonamenta en (1) la limitació paleoecològica de *H. vasiformis-tuberculata*, que s'ha associat a fàcies salabroses,¹²⁴ i (2) la inexistència de *H. vasiformis-tuberculata* com a espècie formal. Feist-Castel¹²⁵ va crear informalment aquest nom per a un morfotip intermedi en una successió gradual entre *H. vasiformis* i *H. tuberculata*. Posteriorment, aquesta successió va ser posada en dubte per Sille i els

122. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

123. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

124. J. SANJUAN i C. MARTÍN-CLOSAS: «Charophyte palaeoecology...», *op. cit.*, p. 247-262.

125. M. FEIST-CASTEL: «Étude floristique et biostratigraphique...», *op. cit.*, p. 109-138.

seus col·laboradors,¹²⁶ que mostraren, mitjançant el mètode d'anàlisi morfoestructural Eigenshape, que *H. vasiformis-tuberculata* era un morfotip de l'espècie *H. vasiformis*.

Associació d'espècies a la conca de l'Ebre

Morfotips intermedis entre *Harrisichara vasiformis* i *Harrisichara tuberculata*, *Harrisichara lineata*, *Nodosochara jorbae*, *Chara rhenana*, *Chara sp. 1*, *Gyrogona sp.* i *Lamprothamnium sp.*

Correlacions biostratigràfiques

D'acord amb Riveline i els seus col·laboradors,¹²⁷ aquesta biozona es correlaciona amb el nivell de referència europeu de mamífers MP18 i part de la biozona europea de nanoplàncton calcari NP19-20 (figura 10).

Representació a la conca de l'Ebre

A la conca de l'Ebre, les associacions d'aquesta biozona es localitzen a la Formació Sant Boi i els seus equivalents laterals com el Complex Terminal (seccions dels Perers, serrat Rodó, Sobremunt i Sant Bartomeu del Grau) i base de la Formació Artés a Maians. La biozona correspon aproximadament a la biozona local 1 (biozona indefinida) de Feist i els seus col·laboradors.¹²⁸ El límit inferior d'aquesta biozona no s'ha registrat a la conca de l'Ebre, ja que els dipòsits infrajacents són d'origen marí. L'espècie *Nodosochara jorbae* apareix dins d'aquesta biozona.

Edat

Part mitjana del Priabonià.¹²⁹

Calibratge amb l'escala global de polaritat magnètica (EGPM)

Partint de les dades magnetostratigràfiques del sector de Moià i Maians, el límit superior d'aquesta biozona d'interval es correlaciona amb el cron C16n (C16n.1n) d'edat ~35.5 Ma.

126. N. P. SILLE, M. E. COLLINSON, M. KUCERA i J. J. HOOKER: «Evolution within the charophyte genus *Harrisichara*, late Palaeogene, southern England; environmental and biostratigraphic implications», *Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology*, 208 (2004), p. 153-173.

127. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCH: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

128. M. FEIST, P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Upper Eocene - Lowermost Miocene...», *op. cit.*, p. 1-32.

129. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCH: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

6.2. SUPERZONA EUROPEA «HARRISICHARA TUBERCULATA»

Definició

Biozona de rang total. Aquesta superzona fou definida per Riveline i els seus col·laboradors¹³⁰ com el rang total de distribució de l'espècie *Harrisichara tuberculata*.

Associació d'espècies a la conca de l'Ebre

Harrisichara tuberculata, *Nitellopsis (T.) merianii*, *Sphaerochara labellata*, *Lychnothamnus stockmansii* i *Lychnothamnus vectensis* són presents en aquesta zona. Altres espècies representatives són *Lychnothamnus longus*, *Lychnothamnus grambastii*, *Gyrogona caelata* i *Chara sp.* L'espècie *Nodosochara jorbae* desapareix a la base d'aquesta superzona.

Correlacions biostratigràfiques

Les dades procedents de la conca molàssica suïssa indiquen que aquesta superzona és més antiga que el nivell de referència de mamífers europeus MP22 i que la biozona europea de nanoplàncton calcari NP23.¹³¹ A la conca de l'Ebre, el límit inferior d'aquesta superzona és encara més antic que el jaciment de mamífers de Sant Cugat de Gavadons (nivell de referència de mamífers europeus MP18 o MP19-20) i es correlaciona amb la biozona local de mamífers de *Theridomys golpeae* de Barberà i els seus col·laboradors.¹³² El límit superior de la superzona es correlaciona amb el nivell de referència de mamífers europeus MP23, biozona local de vertebrats *Theridomys major* (jaciment de mamífers de Vimbodí) de Barberà i els seus col·laboradors¹³³ (figura 10).

Representació a la conca de l'Ebre

El límit inferior d'aquesta superzona es localitza a la base de la Formació Artés, al sector nord-oest de la conca. Feist i els seus col·laboradors¹³⁴

130. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

131. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

132. X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

133. X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

134. M. FEIST, P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Upper Eocene - Lowermost Miocene...», *op. cit.*, p. 1-32.

van publicar per primera vegada la presència d'aquesta espècie dins la Formació Artés i dins la biozona local 2 (biozona de *Sphaerochara labellata*). El límit superior d'aquesta superzona es localitza als nivells margosos de la Formació Margalef (part superior de la secció composta de Rocafort-Sarral) (figura 8).

Edat

Priabonià superior – Rupelià inferior.¹³⁵

Calibratge amb l'escala global de polaritat magnètica (EGPM)

El límit inferior de la superzona *Harrisichara tuberculata* es localitza a la base de la subsecció de Torre Casanova i es calibra amb la magnetozone C16n (C16n.1n) a ~35.5 Ma. La darrera aparició de l'espècie es localitza al sostre de la subsecció de Sarral i en aquest treball s'ha calibrat amb la magnetozone C12 (C12r) d'edat ~31.5 Ma.

6.3. BIOZONA LOCAL DE «NODOSOCHARA JORBAE - HARRISICHARA TUBERCLATA»

Definició

És una nova biozona local, per a la conca de l'Ebre, que s'inclou dins la superzona de *H. tuberculata*. Es defineix com a biozona d'associació de les espècies *Harrisichara tuberculata* i *Nodosochara jorbae* entre la primera aparició de *H. tuberculata* i la primera aparició de *Lychnothamnus vectensis*.

Comentaris

L'interval representat per aquesta biozona d'ús local (conca de l'Ebre) correspon, a escala europea, a un interval sense biozona definida, atès que *Nodosochara jorbae* és una espècie limitada a la conca de l'Ebre durant l'Eocè superior, segons el coneixement actual. Encara que *Nodosochara jorbae* i *Harrisichara tuberculata* són dues espècies abundants a la conca de l'Ebre en aquest interval, no sempre apareixen associades dins la mateixa mostra, ja que presenten requeriments ecològics diferents.¹³⁶

135. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

136. J. SANJUAN i C. MARTÍN-CLOSAS: «Charophyte palaeoecology...», *op. cit.*, p. 247-262.

Associació d'espècies a la conca de l'Ebre

Nodosochara jorbae, *Harrisichara tuberculata*, *Lychnothamnus longus*, *Lychnothamnus stockmansii*, *Lychnothamnus grambastii*, *Gyrogona caelata*, *Sphaerochara labellata*, *Nitellopsis (T.) merianii* i *Chara sp.*

Correlacions biostratigràfiques

El límit inferior d'aquesta biozona es localitza en nivells estratigràfics lleument inferiors al jaciment de mamífers de Sant Cugat de Gavadons. Així, el seu límit basal es correlaciona amb els nivells de referència de mamífers europeus MP18 o MP19-20 (previs a la Grande Coupure¹³⁷) i amb la biozona local de mamífers *Theridomys golpeae* de Barberà i els seus col·laboradors,¹³⁸ com s'indica a la figura 10.

Representació a la conca de l'Ebre

La biozona d'associació *Harrisichara tuberculata* - *Nodosochara jorbae* és característica de la base de la Formació Artés (subsecció de Torre Casanova). La presència de l'espècie *Sphaerochara labellata* dins d'aquesta biozona és significativa, ja que, segons Riveline,¹³⁹ tot el rang de distribució d'aquesta espècie es localitza a la base de la superzona *Harrisichara tuberculata*. Anadón i els seus col·laboradors¹⁴⁰ i Feist i els seus¹⁴¹ definiren la biozona local *Sphaerochara labellata* com l'interval entre l'aparició de l'espècie *Sphaerochara labellata* i la de *Lychnothamnus longus*. Els nostres resultats invaliden l'ús d'aquesta biozona, ja que l'espècie *Sphaerochara*

137. La Grande Coupure o Gran Tall és un terme definit pel paleontòleg suís Hans Georg Stehlin l'any 1909 per anomenar el gran canvi en la població de mamífers europeus que es va esdevenir en el límit entre el Priabonià superior i el Rupelià inferior com a conseqüència de la immigració d'espècies asiàtiques. Durant la major part de l'Eocè, Europa va quedar aïllada dels continents més propers com Àfrica, Amèrica del Nord o Àsia per braços de mar que van impedir la dispersió de la fauna continental. Per aquesta raó, en la fauna europea de l'Eocè s'observa un grau d'endemisme molt elevat. Al límit entre l'Eocè i l'Oligocè es va establir un braç de terra ferma entre Europa i Àsia que va permetre l'entrada d'un gran nombre d'immigrants asiàtics, entre els quals diverses famílies de rosegadors, que van provocar l'extinció d'aproximadament un 60 % de les formes autòctones com ara els primats prosimis: X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè...*, *op. cit.*.

138. X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

139. J. RIVELINE: *Les Charophytes du Paléogène...*, *op. cit.*

140. P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO, M. FEIST i A. SÁEZ: «Biozonación del Paleógeno...», *op. cit.*, p. 69-94.

141. M. FEIST, P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Upper Eocene - Lowermost Miocene...», *op. cit.*, p. 1-32.

labellata apareix a nivells estratigràficament superiors als primers nivells on apareix la *Lychnothamnus longus*. D'altra banda, segons Sanjuan i Martín-Closas,¹⁴² l'espècie *Sphaerochara labellata* presenta un marcat control facial, ja que abunda en fàcies relacionades amb ambients lacustres permanents. Fins ara, l'espècie *Nodosochara jorbae* només s'ha registrat en dipòsits priabonians de la conca de l'Ebre¹⁴³ i en dipòsits lutecians d'Algèria.¹⁴⁴ Aquesta espècie és molt abundant a la base de la Formació Artés i desapareix abruptament després de la mostra TC-25 (figura 6), té una àmplia tolerància ecològica i mai no apareix associada amb l'espècie *Lychnothamnus vectensis*.

Edat

Priabonià superior.

Calibratge amb l'escala global de polaritat magnètica (EGPM)

Segons s'ha determinat a la secció de Torre Casanova, aquesta biozona s'estén des del cron C16n (C16n.1n) fins al cron C13 (C13r), d'edat ~35,5 a ~34,6 Ma (Priabonià superior).

6.4. BIOZONA EUROPEA «LYCHNOTHAMNUS VECTENSIS»

Definició

És una biozona europea i local integrada dins la superzona de *H. tuberculata*. Aquesta biozona és especialment important en la biozonació dels caròfits atès que comprèn el límit Eocè-Oligocè i serveix per a caracteritzar-lo. En el seu estat actual, la biozona presenta una definició diferent a escala de la conca de l'Ebre o a escala europea. A escala local, es defineix com a biozona de rang total (rang local de distribució de l'espècie índex *Lychnothamnus vectensis*), mentre que a escala europea és una biozona de rang parcial (interval entre la primera aparició de *Lychnothamnus vectensis* i la primera aparició de *Lychnothamnus pinguis*).

142. J. SANJUAN i C. MARTÍN-CLOSAS: «Charophyte palaeoecology...», *op. cit.*, p. 247-262.

143. S. J. CHOI: «Les Charophytes du Bassin...», *op. cit.*, p. 1-67.

144. F. MEBROUK, M. MAHAMED, M. BESSEDIK i M. FEIST: «L'apport des charophytes à la stratigraphie des formations continentales Paléogènes de l'Algérie», *Geobios*, 32 (1997), p. 171-177; F. MEBROUK: *Les Charophytes du Maghreb*, tesi doctoral, Orà, Université d'Oran, 2011, 175 p.

Comentaris

Riveline¹⁴⁵ i els seus col·laboradors¹⁴⁶ definiren aquesta biozona com una zona de rang parcial entre la primera aparició de *Harrisichara tuberculata* i la darrera aparició de *Lychnothamnus vectensis*. En aquesta definició s'assumia que els límits inferiors de la superzona de *Harrisichara tuberculata* i la biozona de *Lychnothamnus vectensis* eren equivalents temporalment. Feist i els seus col·laboradors¹⁴⁷ proposaren una nova definició per a la biozona de *Lychnothamnus vectensis*. Així, la definiren com una zona d'interval entre la primera aparició de *Lychnothamnus longus* i la primera aparició de *Nitellopsis (Tectochara) merianii*. No obstant això, el present estudi invalida aquesta proposta, ja que l'espècie *Lychnothamnus vectensis* apareix en nivells estratigràficament superiors que l'espècie *Lychnothamnus longus*. A més, la primera aparició de *Lychnothamnus vectensis* se situa a nivells estratigràficament més moderns que la primera aparició de l'espècie *Harrisichara tuberculata* (figura 6). En conseqüència, la redefinició d'aquesta biozona implica la separació de la base de la superzona de *Harrisichara tuberculata*. Riveline¹⁴⁸ ja mostrà que l'aparició de les espècies *Lychnothamnus vectensis* i *Harrisichara tuberculata* dins el mateix horitzó estratigràfic és incerta a la conca de Hampshire. A més, les dades procedents de la conca de París i utilitzades per Riveline¹⁴⁹ i els seus col·laboradors¹⁵⁰ per a definir la biozona foren preses en afloraments cartogràficament aïllats (generalment pedreres) i poc útils per a establir relacions de distribució verticals entre espècies.

Associació d'espècies a la conca de l'Ebre

Harrisichara tuberculata, *Lychnothamnus vectensis*, *Lychnothamnus longus*, *Lychnothamnus stockmansii*, *Gyrogona caelata* i *Chara sp.*

145. J. RIVELINE: *Les Charophytes du Paléogène...*, *op. cit.*

146. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

147. M. FEIST, P. ANADÓN, L. CABRERA, S. J. CHOI, F. COLOMBO i A. SÁEZ: «Upper Eocene - Lowermost Miocene...», *op. cit.*, p. 1-32.

148. J. RIVELINE: «Les gisements à charophytes du Cénozoïque (Danien à Burdigalien) d'Europe occidentale», *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, Mém. Hors série 4 (1984), p. 1-523; J. RIVELINE: *Les Charophytes du Paléogène...*, *op. cit.*

149. J. RIVELINE: *Les Charophytes du Paléogène...*, *op. cit.*

150. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

Correlacions biostratigràfiques

El límit inferior d'aquesta biozona es localitza en nivells estratigràfics immediatament suprajacents al jaciment de mamífers de Sant Cugat de Gavadons i es correlaciona amb el nivell de referència de mamífers europeus MP18 o MP19-20 (pre Grande Coupure). L'absència de l'espècie *Lychnothamnus pinguis* a la conca de l'Ebre no permet identificar el límit superior d'aquesta biozona europea. El límit superior de la biozona local (extinció de *L. vectensis*) es correlaciona amb el nivell de referència de mamífers europeus MP21 (post Grande Coupure) i amb la biozona local de vertebrats *Theridomys aff. aquatilis* de Barberà i els seus col·laboradors¹⁵¹ (figura 10).

Representació a la conca de l'Ebre

La biozona *Lychnothamnus vectensis* es troba representada principalment dins la Formació Artés. La primera aparició de l'espècie índex es localitza a la mostra SPb-1 (subsecció de Santpedor), que se situa immediatament sobre del Membre Calcàries de Moià. La darrera aparició d'aquesta espècie coincideix amb la mostra SP-18, que se situa estratigràficament a la part superior de la Formació Artés. *Lychnothamnus vectensis* també apareix a la mostra Rb-3 (subsecció de Rubió), que es localitza sota del nivell conglomeràtic de referència. Segons Costa i els seus col·laboradors,¹⁵² aquest nivell representa un horitzó continu d'importància regional útil per a establir correlacions litostratigràfiques. Un gran nombre de mostres de la subsecció de Sarral també presenten abundants girogonits atribuïts a l'espècie *Lychnothamnus vectensis*. Aquestes mostres es troben distribuïdes al llarg de nivells estratigràfics suprajacents a la Formació Calcàries de Sarral, que inclou el límit Eocè-Oligocè.¹⁵³ Per tant, el rang total de distribució de l'espècie *Lychnothamnus vectensis* és útil per a caracteritzar el límit Eocè-Oligocè.

Edat

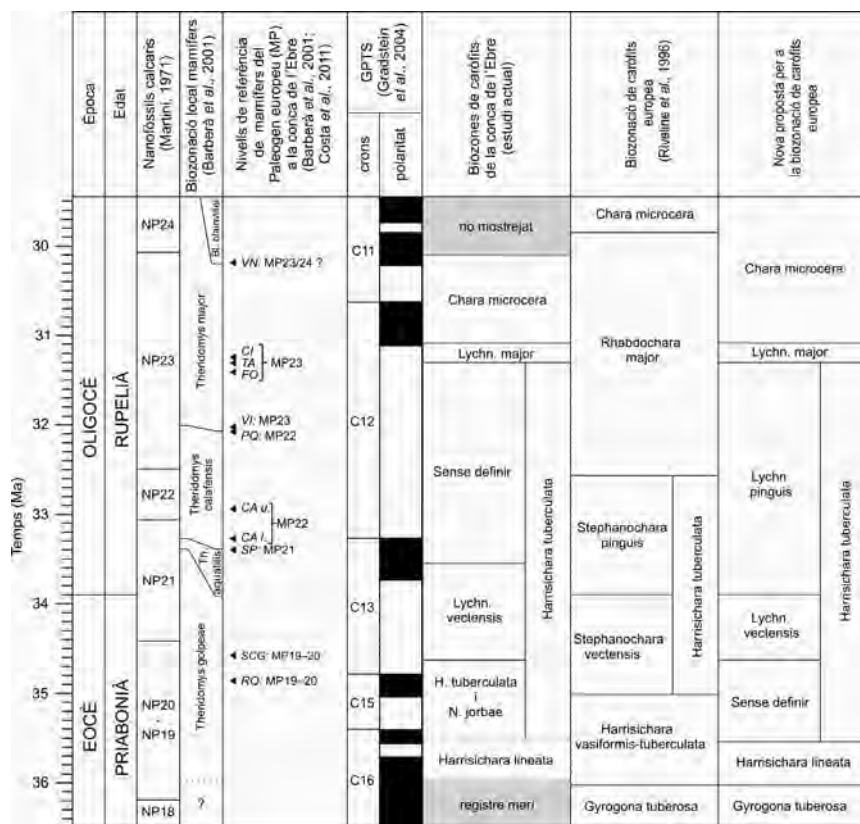
La biozona europea és d'edat Priabonià superior, mentre que la biozona local (conca de l'Ebre) és d'edat Priabonià terminal - Rupelià basal.

151. X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

152. E. COSTA, M. GARCÉS, M. LÓPEZ-BLANCO, E. BEAMUND, M. GÓMEZ-PACCARD i J. CRUZ-LARRASOANA: «Closing and continentalization...», *op. cit.*, p. 904-917.

153. F. COLOMBO: *Estratigrafía y sedimentología...*, *op. cit.*

FIGURA 10. Calibratge de la nova biozona de caròfits de l'Eocè superior - Oligocè inferior amb l'escala global de polaritat magnètica (Gradstein).¹ També es mostren els calibratges previs de les biozones de nanoplàncton calcari (Martini),² els nivells de referència de mamífers europeus (MP) segons Barberà³ i les biozonacions locals de mamífers segons Barberà.⁴ Les biozonacions europees de caròfits segueixen els treballs de Riveline⁵ i Hardenbol⁶



1. F.M. GRADSTEIN, J. G. OGG i A. G. SMITH: *A Geologic Time Scale 2004*, Cambridge, Cambridge University Press, 2004, 89 p.
2. E. MARTINI: «Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation», a A. FARINACI (ed.), *Proceedings of the II Planktonic Conference*, Roma, Edizioni Tecnoscienza, 1971, p. 739-785, 1971.
3. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè del sector sud-oriental de la Conca de l'Ebre: implicacions magnetobio-cronològiques i seqüencials*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1999, 247 p.
4. X. BARBERÀ: *Magnetostratigrafia de l'Oligocè del sector sud-oriental de la Conca de l'Ebre: implicacions magneto-bio-cronològiques i seqüencials*, tesi doctoral, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1999, 247 p.
5. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MARSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic charophyte biozonation», *Bulletin de la Société Géologique de France*, 167 (1996), p. 437-468.
6. J. HARDENBOL, J. THIERRY, B. F. MARTIN, T. JACQUIN, P. C. GRACIANSKY i P. R. VAIL: «Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Framework of European Basins», *SEPM Special Publication*, 60 (1998).

Calibratge amb l'escala global de polaritat magnètica (EGPM)

El límit inferior de la nova biozona *Lychnothamnus vectensis* s'ha registrat a la base de la subsecció de Santpedor (mostra SPb-1) i es calibra amb el cron C13 (C13r), d'edat ~34.5 Ma. La darrera aparició de *Lychnothamnus vectensis* s'ha registrat al sostre de la subsecció de Santpedor (mostra SP-18) i s'ha calibrat amb el cron C13 (C13n), d'edat ~33.5 Ma (figura 6). L'absència de l'espècie *L. pinguis* a la conca de l'Ebre dificulta el calibratge del seu límit superior a escala europea.

**6.5. INTERVAL INDEFINIT A LA PART SUPERIOR DE LA SUPERZONA
«HARRISICHARA TUBERCULATA»**

A la conca de l'Ebre només tres espècies estan representades en aquest interval: *Harrisichara tuberculata*, *Lychnothamnus longus* i *Chara sp.* Aquest interval indefinit és equivalent a la biozona europea *Lychnothamnus pinguis* establerta per Riveline i els seus col·laboradors¹⁵⁴ que no està representada a la conca de l'Ebre per manca de l'espècie índex, *L. pinguis*. Riveline i els seus col·laboradors¹⁵⁵ la definiren com a biozona de rang parcial, que comprèn l'interval entre la primera aparició de *Lychnothamnus pinguis* i la darrera de *Harrisichara tuberculata*. D'acord amb Riveline i els seus col·laboradors,¹⁵⁶ aquesta biozona es correlaciona amb el nivell de referència de mamífers europeus MP21 i amb la biozona de nanoplàncton calcari NP22. Així mateix, mostra que aquesta mateixa biozona també es correlacionaria amb els nivells de referència de mamífers europeus MP22 i MP23 i es calibraria amb les magnetozones C13 (C13n) i C12 (C12r) d'edat entre ~33,9 i ~31,3 Ma. Aquest calibratge suggereix que el límit superior d'aquesta biozona és més modern que la proposta de Riveline i els seus col·laboradors.¹⁵⁷

154. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCH: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

155. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCH: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

156. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCH: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

157. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCH: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

6.6. BIOZONA EUROPEA «LYCHNOTHAMNUS MAJOR»

Definició

Segons la definició de Riveline i els seus col·laboradors,¹⁵⁸ es tracta d'una biozona d'interval delimitada entre la darrera aparició de *Harrisichara tuberculata* i la primera de *Chara microcera*.

Comentaris

A escala europea, aquesta biozona es definí a partir d'un registre fòssil pobre, procedent d'un nombre limitat de localitats a la conca d'Aquitània (sud de França). Les noves dades procedents de la conca de l'Ebre qüestionen l'ús d'aquesta biozona, ja que la seva durada seria extremament reduïda. D'altra banda, els resultats taxonòmics recents en procés de publicació semblen indicar que *Lychnothamnus major* seria un morfotip poc calcificat i sinònim de l'espècie *L. pinguis* i portarien a considerar que les biozones basades en aquestes dues espècies s'haurien de fusionar en un futur.

Associació d'espècies a la conca de l'Ebre

Lychnothamnus major, *Nitellopsis (T.) merianii* i *Chara sp.*

Correlacions biostratigràfiques

D'acord amb Riveline i els seus col·laboradors,¹⁵⁹ aquesta zona es correlaciona amb el nivell de referència de mamífers europeus MP22 i amb la biozona europea de nanoplàncton calcari NP23. A la conca de l'Ebre, la representació d'aquesta biozona d'interval és extremament reduïda i es correlaciona amb el nivell de referència de mamífers europeus MP23, biozona local de vertebrats *Theridomys major* de Barberà i els seus col·laboradors¹⁶⁰ (figura 10).

Representació a la conca de l'Ebre

El límit inferior d'aquesta biozona es troba situat dins les margues de la Formació Margalef, a la part superior de la secció composta de Rocafort-Sarral. El límit superior d'aquesta biozona es localitza dins la Formació Tàrrega (aflorament del Talladell).

158. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

159. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

160. X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

Edat

Rupelià mitjà.

Calibratge amb l'escala global de polaritat magnètica (EGPM)

La zona d'interval *Lychnothamnus major* en el sentit Riveline i els seus col·laboradors¹⁶¹ es registra des de la part superior de la subsecció de Sarral fins al sostre de la subsecció de Tarrés i es pot calibrar amb la magnezoona C12r d'edat aproximada de ~31, 2 Ma.

6.7. BIOZONA EUROPEA «CHARA MICROCERA»

Definició

Segons la definició de Riveline i els seus col·laboradors,¹⁶² aquesta biozona és de rang parcial i abasta l'interval entre la primera aparició de *Chara microcera* i la primera de *Lychnothamnus ungeri*.

Associació d'espècies a la conca de l'Ebre

Lychnothamnus major, *Nitellopsis (T.) merianii*, *Psilochara sp.*, *Chara microcera*, *Chara sp.* i *Sphaerochara sp.*

Correlacions biostratigràfiques

D'acord amb Riveline i els seus col·laboradors,¹⁶³ aquesta biozona es correlaciona amb els nivells de referència de mamífers europeus MP24 i MP25 i amb la biozona de nanoplàncton calcari NP24. En aquest treball només s'ha estudiat el límit inferior de la biozona, que es correlaciona amb el nivell de referència de mamífers europeus MP23, la biozona local de vertebrats *Theridomys major* de Barberà i els seus col·laboradors.¹⁶⁴ Aquestes dades suggereixen que el límit inferior de la biozona europea de *Chara microcera* és més antic a la conca de l'Ebre que en altres conques europees (figura 10).

161. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCH: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

162. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCH: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

163. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCH: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

164. X. BARBERÀ, L. CABRERA, M. MARZO, J. M. PARÉS i J. AGUSTÍ: «A complete terrestrial Oligocene...», *op. cit.*, p. 1-16.

Representació a la conca de l'Ebre

El límit inferior d'aquesta biozona es localitza dins la Formació Calcàries de Tàrrega (aflorament del Talladell). L'absència de l'espècie *Lychnothamnus ungeri* no permet registrar-ne el límit superior.

Edat

Rupelià mitjà.

Calibratge amb l'escala global de polaritat magnètica (EGPM)

El límit inferior de la biozona *Chara microcera* en el sentit de Riveline i els seus col·laboradors¹⁶⁵ es registra a l'aflorament del Talladell (Formació Tàrrega), que és lateralment equivalent a la part superior de la subsecció de Tarrés i es calibra amb la magnetozone C12r d'edat ~31 Ma.

7. DISCUSSIÓ

La combinació dels nous resultats biostratigràfics a partir de caròfits amb les dades litomagnetostratigràfiques preexistents permet atribuir edats molt acurades a les biozones de caròfits que caracteritzen el trànsit Eocè-Oligocè a la conca de l'Ebre. La datació amb temps absolut de les diferents biozones de caròfits a la conca de l'Ebre es pot comparar amb les datacions desenvolupades a altres conques europees continentals coetànies com la conca anglesa de Hampshire (illa de Wight, Regne Unit). Aquesta conca presenta un registre sedimentari no marí continu que s'estén des de l'Eocè superior fins a l'Oligocè inferior i això ha donat peu al fet que s'hi hagin desenvolupat abundants estudis centrats en biostratigrafia i magnetostratigrafia. Entre els estudis biostratigràfics sobre caròfits, cal destacar els treballs de Reid i Groves,¹⁶⁶ Groves,¹⁶⁷ Grambast,¹⁶⁸ Castel¹⁶⁹ i Feist-Castel.¹⁷⁰

165. J. RIVELINE, J. P. BERGER, M. FEIST, C. MARTÍN-CLOSAS, M. SCHUDACK i I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «European Mesozoic-Cenozoic...», *op. cit.*, p. 437-468.

166. C. REID i J. GROVES: «The Charophyta of the Lower...», *op. cit.*, p. 175-192.

167. J. GROVES: «Charophyta», *op. cit.*, p. 165-173.

168. L. GRAMBAST: Étude sur les charophytes..., *op. cit.*; L. GRAMBAST: «Principes de l'utilisation...», *op. cit.*, p. 319-328.

169. M. CASTEL: «Zones de Charophytes pour l'Oligocène d'Europe Occidentale», *Comptes Rendus. Sommaire des Séances de la Société Géologique de France*, 4 (1968), p. 121-123.

170. M. FEIST-CASTEL: «Étude floristique et biostratigraphique...», *op. cit.*, p. 109-138; M. FEIST-CASTEL: «Evolution of the charophyte...», *op. cit.*, p. 143-157.

La combinació d'aquests treballs culminà amb la proposta d'una biozonació per a la unitat litostratigràfica Solent Group de l'illa de Wight.¹⁷¹ Més recentment, els estudis cronostratigràfics realitzats al Solent Group s'han basat en biostratigrafia de micromamífers i magnetostratigrafia. Aquests estudis han permès calibrar les diferents zones de mamífers i datar amb temps absolut el canvi de fauna conegut com la Grande Coupure.¹⁷² El calibratge dels límits de les biozones de caròfits a partir de l'atribució magnetostratigràfica del Solent Group de Hooker i els seus col·laboradors¹⁷³ suggereix que el límit inferior de la biozona de *Harrisichara tuberculata* queda registrat dins del cron C13r. D'acord amb Riveline,¹⁷⁴ l'aparició de l'espècie *Lychnothamnus vectensis* queda limitada a una única mostra situada dins de la unitat anomenada Insect Limestone, que pertany a la magnetozona C13r.In.¹⁷⁵ D'altra banda, seguint el calibratge que proposaren Costa i els seus col·laboradors¹⁷⁶ per al Solent Group, el límit inferior de la superzona de *Harrisichara tuberculata* quedaria registrat dins del cron C15r. Al mateix temps, la primera aparició de l'espècie *Lychnothamnus vectensis* quedaria ubicada dins el cron C15n. Per tant, en funció del calibratge a seguir (ja sigui la de Hooker i els

171. J. RIVELINE: «Les gisements à charophytes...», *op. cit.*, p. 1-523; J. RIVELINE: *Les Charophytes du Paléogène...*, *op. cit.*

172. J. J. HOOKER: «British mammalian palaeocommunities across the Eocene-Oligocene transition and their environmental implications», a D. R. PROTHERO, W. A. BERGGREN (ed.), *Eocene-Oligocene Climatic and Biotic Evolution*, Princeton, Princeton University Press, 1992, p. 494-515; J. J. HOOKER, M. E. COLLINSON, S. GRIMES, N. SILLE i D. MATTEY: «Discussion on the Eocene-Oligocene boundary in the UK», *Journal of the Geological Society*, 164 (2007), p. 685-688; J. J. HOOKER, M. E. COLLINSON i N. SILLE: «Eocene-Oligocene mammalian fauna turnover in the Hampshire Basin, UK: calibration to the global time scale and the major cooling event», *Journal of the Geological Society*, 161 (2004), p. 161-172; J. J. HOOKER, S. T. GRIMES, D. P. MATTEY, M. E. COLLINSON i N. D. SHELDON: «Refined correlation...», *op. cit.*, p. 179-195; A. S. GALE, J. M. HUGGETT, H. PÁLIKE, E. LAURIE, E. A. HAILWOOD i J. HARDENBOL: «Correlation of Eocene-Oligocene marine and continental records: orbital, cyclicity, magnetostratigraphy and sequence stratigraphy of the Solent Group, Isle of Wight, UK», *Journal of the Geological Society* 163 (2006), p. 401-415.

173. J. J. HOOKER, S. T. GRIMES, D. P. MATTEY, M. E. COLLINSON i N. D. SHELDON: «Refined correlation...», *op. cit.*, p. 179-195.

174. J. RIVELINE: *Les Charophytes du Paléogène...*, *op. cit.*

175. J. J. HOOKER, S. T. GRIMES, D. P. MATTEY, M. E. COLLINSON i N. D. SHELDON: «Refined correlation...», *op. cit.*, p. 179-195.

176. E. COSTA, M. GARCÉS, A. SÁEZ, L. CABRERA i M. LÓPEZ-BLANCO: «The age of the “Grande Coupure” mammal turnover: New constraints from the Eocene-Oligocene record of the Eastern Ebro Basin (NE Spain)», *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 301 (2011), p. 97-107.

seus col·laboradors¹⁷⁷ o la de Costa i els seus¹⁷⁸), els límits inferiors de la superzona *Harrisichara tuberculata* i de la biozona *Lychnothamnus vectensis* es localitzen en crons diferents, C13 o C15, respectivament.

Independentment del calibratge a seguir, la primera aparició de l'espècie *Harrisichara tuberculata* és més antiga a la conca de l'Ebre (cron C16) que a la conca de Hampshire. Aquest desfasament temporal suggereix que la conca de l'Ebre disposava de condicions paleoecològiques més apropiades per a la distribució d'aquesta espècie. De fet, els nivells infrajacentes a la primera aparició de l'espècie *Harrisichara tuberculata* a la conca de Hampshire correspondrien a ambients salabrosos on, segons els coneixements actuals, aquesta espècie no podria prosperar.¹⁷⁹ La possibilitat que l'espècie *Harrisichara tuberculata* presentés un origen diacrònic a Europa occidental seria un cas excepcional pel que fa als caròfits. Els diacronismes paleobiogeogràfics de caròfits només s'han observat entre distàncies molt allunyades com és el cas d'extrems de grans continents com ara Euràsia.¹⁸⁰

El límit inferior de la biozona *Lychnothamnus vectensis* es localitza dins el cron C13r en ambdues conques d'acord amb el calibratge de Hooker i els seus col·laboradors,¹⁸¹ o podria ser més antic a la conca de Hampshire d'acord amb la proposta de calibratge de Costa i els seus col·laboradors.¹⁸² Aquestes diferències són conseqüència directa del mètode de calibratge emprat i de la seva interpretació.

8. CONCLUSIONS

Aquest treball redefineix la biozonació europea de caròfits a partir de les noves dades biostratigràfiques procedents de l'Eocè superior i l'Oligocè

177. J. J. HOOKER, S. T. GRIMES, D. P. MATTEY, M. E. COLLINSON i N. D. SHELDON: «Refined correlation...», *op. cit.*, p. 179-195.

178. E. COSTA, M. GARCÉS, A. SÁEZ, L. CABRERA i M. LÓPEZ-BLANCO: «The age of the “Grande Coupure” mammal...», *op. cit.*, p. 97-107.

179. J. SANJUAN i C. MARTÍN-CLOSAS: «Charophyte palaeoecology...», *op. cit.*, p. 247-262.

180. I. SOULIÉ-MÄRSCHÉ: «Biogeography of living and fossil *Nitellopsis* (Charophyta) in relationship to new finds from Morocco», *Journal of Biogeography*, 29 (2002), p. 1703-1711; S. B. BHATIA: «Ecological parameters and dispersal routes of *Lychnothamnus barbatus* (Characeae) in the Early-Middle Holocene from the Ganga plain, India», *Criptogamie, Algologie*, 27 (2006), p. 341-340.

181. J. J. HOOKER, S. T. GRIMES, D. P. MATTEY, M. E. COLLINSON i N. D. SHELDON: «Refined correlation...», *op. cit.*, p. 179-195.

182. E. COSTA, M. GARCÉS, A. SÁEZ, L. CABRERA i M. LÓPEZ-BLANCO: «The age of the “Grande Coupure” mammal...», *op. cit.*, p. 97-107.

inferior de la conca de l'Ebre. S'han identificat i caracteritzat sis zones de caròfits: *Harrisichara lineata* (nou nom per a l'antiga biozona de *H. vasiformis-tuberculata*), *Harrisichara tuberculata*, *Harrisichara tuberculata* - *Nodosochara jorbae*, *Lychnothamnus vectensis*, *Lychnothamnus major* i *Chara microcera*. La biozona de *Harrisichara lineata* queda representada dins la Formació Sant Boi (secció els Perers serrat Rodó) i s'estén dins del Priabonià mitjà en el cron C16n. Al sector nord-est de la conca, la superzona europea *Harrisichara tuberculata* està representada dins la Formació Artés. Al sector sud-est de la conca, aquesta superzona es troba representada dins del Grup Barberà. Aquesta superzona s'estén des del Priabonià superior fins al Rupelià inferior (límit Eocè-Oligocè) i entre el cron C16n.1n i la part superior del cron C12r. El seu rang cronostratigràfic s'amplia cap a la seva base i cap al sostre. La nova biozona d'associació *Harrisichara tuberculata* - *Nodosochara jorbae* s'estén dins la base de la Formació Artés i s'ha calibrat amb els crons C16 (C16n.1n) i C13 (C13r). La nova biozona europea de *Lychnothamnus vectensis* es redefineix com una zona d'interval entre la primera aparició de l'espècie *Lychnothamnus vectensis* i la primera de *Lychnothamnus pinguis*. A la conca de l'Ebre, aquesta biozona es redefineix com una zona de rang total de l'espècie índex i s'estén entre els crons C13r i C13n, incloent la part més superior del Priabonià i la part basal del Rupelià. L'espècie *L. vectensis* és molt representativa a les subseccions de Santpedor, Rubió i Sarral. Aquesta distribució fa que sigui una espècie útil per a la caracterització del límit Eocè-Oligocè. L'interval indefinit, equivalent a la zona europea *Lychnothamnus pinguis*, queda representat a gran part de les subseccions de Rubió i Sarral i coincideix, aproximadament, amb la magnetozone inversa del cron C12r. La biozona europea de *Lychnothamnus major* té una representativitat extremament curta i s'estén dins la part més superior de la magnetozone inversa del cron C12 (C12r). A més, essent una zona d'interval, el seu rang varia en funció del rang de les biozones adjacents. Finalment, el límit inferior de la biozona de *Chara microcera* queda registrat dins la Formació Calcàries de Tàrraga i es localitza a la part més inferior de la magnetozone normal atribuïda al cron C12 (C12n), i proporciona una edat de ~31 Ma.

La comparació amb les dades homòlogues procedents de l'Eocè superior - Oligocè inferior del Solent Group de la conca de Hampshire (illa de Wight, Regne Unit) mostra que l'atribució cronològica del límit inferior de la superzona de *Harrisichara tuberculata* difereix en ambdues conques. *Harrisichara tuberculata*, espècie comuna i abundant en nombroses localitats del Priabonià superior i del Rupelià inferior a Europa, aparegué abans a la conca de l'Ebre, probablement com a conseqüència de condicions paleoecològiques més favorables.

9. AGRAÏMENTS

Aquest treball és una adaptació d'un article original publicat recentment per Sanjuan i els seus col·laboradors.¹⁸³ Agraïm a l'editorial Micropress i, concretament, al seu editor, John Van Couvering, el permís per a efectuar aquesta adaptació. L'article original fou una contribució del projecte Biogeomodels (CGL 2011-27869) finançat pel Ministeri de Ciència i Innovació. Agraïm també l'assistència de la doctora Ingeborg Soulié-Märsche (Universitat Montpellier 2) en la identificació taxonòmica de certes espècies.

183. J. SANJUAN, C. MARTÍN-CLOSAS, E. COSTA, X. BARBERÀ i M. GARCÉS: «Calibration of Eocene-Oligocene charophyte biozones in the Eastern Ebro Basin (Catalonia, Spain)», *Stratigraphy*, 11/1 (2014), p. 61-81.