

# Bioestratigrafía de carofitas del Eoceno superior y Oligoceno inferior de la Cuenca del Ebro oriental

## *Charophyte biostratigraphy of the upper Eocene-lower Oligocene of the Eastern Ebro Basin*

Josep Sanjuan y Carles Martín-Closas

Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona-UB, 08028 Barcelona, España.  
cmartinclosas@ub.edu, josep.st.juan@hotmail.com

### ABSTRACT

The Eastern Ebro Basin constitutes a reference area for the study of Palaeogene charophyte biostratigraphy worldwide. A synthesis and an updated version of a number of previous biozonations is presented herein. Six charophyte zones (comprising biozones and superzones) are proposed for the Priabonian–Rupelian interval. Most of these biozones are partial range zones or assemblage zones. Interval zones have been avoided as far as possible. All these zones are defined on the basis of species of broad ecological requirements within the non-marine aquatic environments and with well-known biogeographic ranges, generally of European range. Additionally, they are supported by a number of associated species of more limited ecological requirements (e.g., brackish species) or biogeographic ranges. Calibration to the GPTS (Global Polarity Time Scale) is proposed on the basis of magnetostratigraphy. This biozonation can be largely used at the European scale.

**Key-words:** Charales, Paleogene, chronostratigraphy, Pyrenees, foreland basin.

*Geogaceta*, 60 (2016), 75-78  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

### Introducción

El sector oriental de la cuenca del Ebro constituye una región privilegiada para el estudio de la bioestratigrafía en facies continentales del Eoceno superior-Oligoceno inferior. No solo se dispone de una base estratigráfica y sedimentológica muy sólida, resultante de varias tesis doctorales y numerosas publicaciones, sino que recientemente se han calibrado los depósitos con la escala de polaridad magnética global (Costa *et al.*, 2010, 2013). Las primeras biozonaciones de carofitas del intervalo estudiado en la cuenca fueron propuestas por Anadón *et al.* (1992) y Feist *et al.* (1994). Estas biozonaciones se correlacionaron con datos bioestratigráficos de yacimientos de vertebrados bien conocidos (p. ej. Agustí *et al.*, 1987). Recientemente Sanjuan

*et al.* (2012, 2014) y Sanjuan y Martín-Closas (2014, 2015) han aportado datos significativos en torno a la biozonación de carofitas del sector oriental de la cuenca del Ebro. En el presente trabajo se sintetizan estos resultados y se actualiza la biozonación y la taxonomía de carofitas para esta región de estudio.

### Estratigrafía y bioestratigrafía

El estudio bioestratigráfico se realizó en dos sectores geográficos de la zona oriental de la cuenca del Ebro. El sector noreste comprende las comarcas de Osona, Bages y Anoia, mientras que el sector suroeste incluye las comarcas de La Conca de Barberà y Urgell (Figs. 1 y 2). En estos sectores se alzaron y se muestrearon sistemáticamente cinco series estratigráficas compuestas que coinciden con

### RESUMEN

El sector oriental de la Cuenca del Ebro constituye una zona de referencia mundial para el estudio de la bioestratigrafía de las carofitas paleógenas. En este trabajo se presenta una síntesis y una actualización de diversos trabajos anteriores. Se definen seis zonas de carofitas (comprendiendo biozonas y superzonas) para el intervalo Priaboniense–Rupeliense. La mayor parte de estas biozonas son de rango parcial o de asociación, y se han evitado, en lo posible, las biozonas de intervalo. Todas estas biozonas se basan en especies de amplios requerimientos ecológicos y de distribución biogeográfica bien conocida, generalmente de rango europeo. Además se acompañan con otras especies de requerimientos ecológicos más restringidos (por ejemplo salobres) o de rangos biogeográficos más limitados. Se propone una calibración con la escala de la polaridad global del tiempo geológico en base a la magnetoestratigrafía. Esta biozonación puede usarse a escala europea en casi su totalidad.

**Palabras clave:** Charales, Paleógeno, cronoestratigrafía, Pirineos, cuenca de antepaís.

Recepción: 1 de febrero de 2016  
Revisión: 20 de abril de 2016  
Aceptación: 20 de Mayo de 2016

los perfiles magnetoestratigráficos de Barberà *et al.* (2001) y Costa *et al.* (2010).

### Estratigrafía del sector NE

La sección compuesta de Serrat Rodó-El Perers incluye la Formación Sant Boi, compuesta por 15 m de una alternancia de areniscas y limos cubiertos por margas con lignitos, de facies transicionales y lacustres. La asociación de carofitas (*Harrisichara lineata*, *Nodosochara jorbae*, *Gyrogona* sp., *Lamprothamnium* sp. y *Chara rhenana*) se asigna a la biozona de H. lineata (Sanjuan *et al.*, 2014).

La sección compuesta de Moià-Santpedor consiste en depósitos rojos de origen aluvial y fluvial (areniscas, limos y lutitas) de más de 1000 m de potencia correspondientes a la Formación Artés, que ocupa extensas áreas a lo

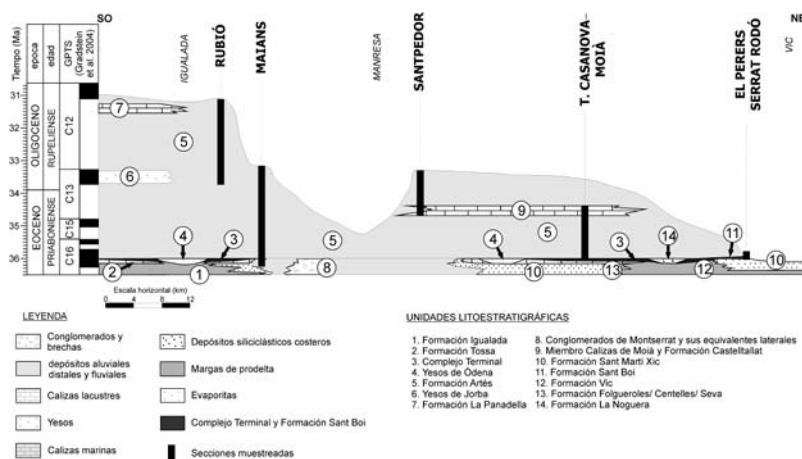


Fig. 1.- Esquema litoestratigráfico del Eoceno superior-Oligoceno en el sector NE de la Cuenca del Ebro (modificado de Costa *et al.*, 2011 y Sanjuán *et al.*, 2015).

Fig. 1.- Lithostratigraphic scheme of the Upper Eocene-lower Oligocene of the north-eastern part of the Ebro basin (modified from Costa *et al.*, 2011 and Sanjuan *et al.*, 2015).

largo del margen este de la cuenca. Intercaladas en estos depósitos se encuentran unidades de origen lacustre como el Miembro Calizas de Mojà y la Formación La Panadella, ambas ricas en carofitas. La asociación de carofitas de la base de la formación, incluyendo el Miembro Moyà (*Harrisichara tuberculata*, *Lychnothamnus vectensis*, *L. stockmansii*, *L. grambastii*, *L. longus*, *Nodosochara jorbae*, *Gyrogona caelata*, *Nitellopsis (Tectochara) merianii*, *Sphaerochara labellata* y *Chara artesica*) se asigna a la parte inferior de la superzona europea de *Harrisichara tuberculata* de Riveline *et al.* (1996), subzona local de asociación de *N. jorbae*-*H. tuberculata* de Sanjuan *et al.* (2014). La parte superior de la Fm Artés presenta una asociación (*Harrisichara tuberculata*, *Lychnothamnus vectensis*, *L. longus*, *Chara artesica*) que pertenece a la biozona de *Lychnothamnus vectensis*.

La sección compuesta de Maïans-Rubió tiene 1135 m de materiales rojos de origen aluvial y fluvial (conglomerados, areniscas y lutitas con algunos intervalos de facies lacustres) pertenecientes a la Formación Artés. Estas facies corresponden a las partes distales de los abanicos fluviales de los sistemas de Montserrat-Igualada. La asociación de carofitas (*Harrisichara tuberculata*, *Lychnothamnus stockmansii*, *L. vectensis*, *L. longus* y *Chara artesica*) pertenece a la biozona de *Lychnothamnus vectensis* de Riveline *et al.* (1996).

Estratigrafía del sector SW

La sección compuesta de Rocafort-Sarral corta una gran variedad de unidades litológicas. De forma resumida se puede dividir en 5 tramos: El tramo 1 registra unos 25 m de con-

glomerados de la Formación St. Miquel de Montclar y 25 m de arcillas, margas y calizas fosilíferas del miembro Rocafort. El tramo 2 consiste en 95 m equivalentes a la parte superior del miembro Rocafort, la Formación Pira y la Formación Sarral (calizas y margas fosilíferas estratificadas alternadas con arcillas rojas y margas grisáceas y niveles de areniscas). El tramo 3 consiste en 240 m de arcillas rojas y areniscas de gran extensión lateral, alternando con margas y niveles de yesos de la Formación Blancafort. El tramo 4 está constituido por los conglomerados de la Formación Montsant y las arcillas rojas y areniscas de la Formación Gavatxa. Finalmente el tramo 5 incluye 50 m de depósitos de relleno de canal con arcillas grisáceas y margas de las Formación Margalef y L'Àlbi. En esta sección se han localizado tres asociaciones de carofitas diferentes. En la mayor parte de la sección se puede identificar *H. tuberculata*, *Lychnothamnus stockmansii* y *Chara artesica* que pertenecen a la superzona de *H. tuberculata*. Sin embargo en el segundo tramo (Formaciones Sarral y Blancafort) la presencia de *Lychnothamnus vectensis* y *Sphaerochara labellata* permite asignar dicho tramo a la biozona *L. vectensis*. Asimismo a techo de la sección, en el tramo 5, se registra el inicio de *Lychnothamnus pinguis* forma *major* perteneciente a la biozona de *L. pinguis*.

La sección compuesta de Tàrrés-Vinaixa se divide en dos tramos. La base del primer tramo, perteneciente a la subsección de Tàrrés, consta de 290 m de conglomerados y areniscas de la Formación Montsant que cambian verticalmente a arcillas y carbonatos pedogenéticos de la Formación Gavatxa. Los materiales suprayacentes constituyen 105 m de areniscas, arcillas y calizas lacustres, equivalentes laterales de la

Fm. Tàrrés. El segundo tramo, perteneciente a la subsección de Vinaixa, está compuesta de 170 m de carbonatos pedogenéticos de la Formación Gavatxa, areniscas de la formación L'Àlbi y margas fosilíferas, yesos y calizas lacustres de la Formación Les Marqueses. La única asociación de carofitas de valor bioestratigráfico se ha encontrado en este segundo tramo (concretamente en la Fm. Tàrrés, en parte equivalente lateral de la Fm. L'Àlbi) y está formada por *Lychnothamnus pinguis* (forma *major*), *Nitellopsis (T.) merianii*, *Psilochara aff. acuta*, *Chara microcera*, *Chara artesica* y *Sphaerochara* sp. Se ha asignado a la biozona de *Chara microcera* (Riveline *et al.*, 1996).

Descripción de las biozonas

Biozona de *Harrisichara lineata*

Biozona de intervalo que sustituye a la biozona europea de *H. vasiformis-tuberculata* propuesta por Riveline *et al.* (1996), basada en un taxón informal y de difícil caracterización (Sanjuan *et al.*, 2014). Las especies acompañantes en la Cuenca del Ebro son *H. vasiformis* (incluyendo *H. vasiformis-tuberculata*), *Nodosochara jorbae* y *Chara rhenana*. Riveline *et al.* (1996) correlacionaron esta biozona con los niveles de referencia de mamíferos MP18 y la biozona de nannoplancton NP19-20. Sanjuan *et al.* (2014) la han calibrado con el techo del cron C16n (C16n.1n) que corresponde a la parte media del Priabonense (Fig. 3).

Superzona de *Harrisichara tuberculata*

Zona de rango total, definida por la presencia de la especie índice. La asociación de especies propia de esta superzona en la cuenca del Ebro es *H. tuberculata*, *Nitellopsis (T.) merianii*, *Sphaerochara labellata*, *Lychnothamnus stockmansii*, *L. vectensis*, *L. longus*, *L. grambastii* y *Gyrogona caelata*. Riveline *et al.* (1996) indicaron que esta superzona era más antigua que el nivel de referencia de mamíferos MP22 y la biozona de nannoplancton NP23. Sanjuan *et al.* (2014) calibraron la base de la biozona con la parte superior del cron C16n (1n) de edad 35,5 Ma y su techo con el cron C12r de edad 31,5 Ma, lo que permite delimitar el rango total de la superzona en el intervalo Priabonense superior - Rupeliense inferior. En la Cuenca del Ebro esta superzona está subdividida en tres biozonas: *N. jorbae*-*H. tuberculata*, *L. vectensis* y *L. pinguis* (Fig. 3).

*Biozona de Nodosochara jorbae-Harisichara tuberculata*

Biozona de asociación definida por la coexistencia de *Nodosochara jorbae* y *Harisichara tuberculata* (Sanjuan *et al.*, 2014). La base coincide con el primer registro de *H. tuberculata* mientras que el techo coincide con el primer registro de *Lychnothamnus vectensis*. La desaparición de *Nodosochara jorbae* tiene también lugar a techo de la biozona. Esta especie es muy abundante en la Cuenca del Ebro durante el Eoceno superior. Según los registros actuales esta sería una especie endémica, por lo que la biozona es únicamente utilizable en la cuenca estudiada. A parte de las especies que definen la biozona, la asociación acompañante está formada por *Lychnothamnus longus*, *L. stockmansii*, *L. grambastii*, *Gyrogona caelata*, *Sphaerochara labellata*, *Nitellopsis merianii* y *Chara artesica*.

Según Sanjuan *et al.* (2014) el techo se encontraría inmediatamente por debajo del yacimiento de mamíferos Pre-"Grande Coupure" de Sant Cugat de Gavadons (niveles de referencia de mamíferos MP18 o MP19-20). Los mismos autores calibraron esta biozona con los cronos C16n 1n hasta C13r, lo que proporciona una edad Priabonense superior (Fig. 3).

*Biozona de Lychnothamnus vectensis*

Biozona de rango parcial propuesta a escala europea por Riveline *et al.* (1996). Se define entre la aparición de *L. vectensis* y la aparición de *L. pinguis* (Fig. 3). Sanjuan *et al.* (2014) propusieron que, a diferencia de otras cuencas europeas, esta biozona sería de rango total en la Cuenca del Ebro ya que no reconocían la especie tipo de la biozona sobreyacente, *L. pinguis*, en dicha cuenca. Tras la caracterización de *Lychnothamnus major*, ampliamente distribuida en el sur de Europa como

una forma meridional sinónima de *L. pinguis*, por Sanjuan y Martín-Closas (2015), la biozona de *L. vectensis* pasa a ser también de rango parcial en la cuenca del Ebro. Las especies asociadas a la especie índice en la cuenca del Ebro son *H. tuberculata*, *Lychnothamnus longus*, *L. stockmansii*, *Gyrogona caelata* y *Chara artesica*.

La base de esta biozona se ha correlacionado con el yacimiento de vertebrados de St. Cugat de Gavadons, MP18 o MP19-20, mientras que su techo se encontraría por encima del nivel de mamíferos MP21 en Santpedor (Feist *et al.*, 1994). Sanjuan *et al.* (2014) calibraron el primer registro de la especie índice en la cuenca del Ebro con el cron C13r (~34,5 Ma) mientras que su último registro corresponde con el cron C13n (~33,5 Ma), por lo que el rango total de la especie incluye el límite Eoceno-Oligoceno (Fig. 3).

*Biozona de Lychnothamnus pinguis*

Biozona de rango parcial definida entre el primer registro de *L. pinguis* y el primer registro de *Chara microcera* (Riveline *et al.*, 1996). En la cuenca del Ebro esta biozona se encuentra escasamente representada debido a la ausencia de facies lacustres en el intervalo correspondiente a su edad (p. ej en la subsección de Tarrés). Únicamente se ha localizado *L. pinguis* (forma *L. major*) en un nivel de la subsección de Sarral que se calibró con el cron C12r (Rupeliense inferior-medio). Este nivel fue situado en la biozona de *L. major* por Sanjuan *et al.* (2014). Sin embargo, actualmente se puede asignar a la biozona de *L. pinguis*, tras la sinonimización de *L. major* con *L. pinguis* y la consiguiente fusión de las biozonas homónimas propuesta por Sanjuan y Martín-Closas (2015).

*Biozona de Chara microcera*

Biozona de rango parcial, definida por Riveline *et al.* (1996) cuya base viene marcada por el primer registro de la especie índice (*C. microcera*) y su techo por el primer registro de *Lychnothamnus ungeri*. La asociación de carofitas presente en la cuenca del Ebro está formada por *Chara microcera*, *Chara* sp., *Lychnothamnus pinguis* forma *major*, *Nitellopsis (Tectochara) merianii*, *Psilochara* sp. y *Sphaerochara* sp. Riveline *et al.* (1996) correlacionaron esta biozona con los niveles de referencia de mamíferos MP24 y MP25 y con la biozona de nannoplancton NP24. Barberà *et al.* (2001) la correlacionó con el nivel MP23. Sanjuan *et al.* (2014) situaron el inicio de la biozona en el cron C12r (Fig. 3).

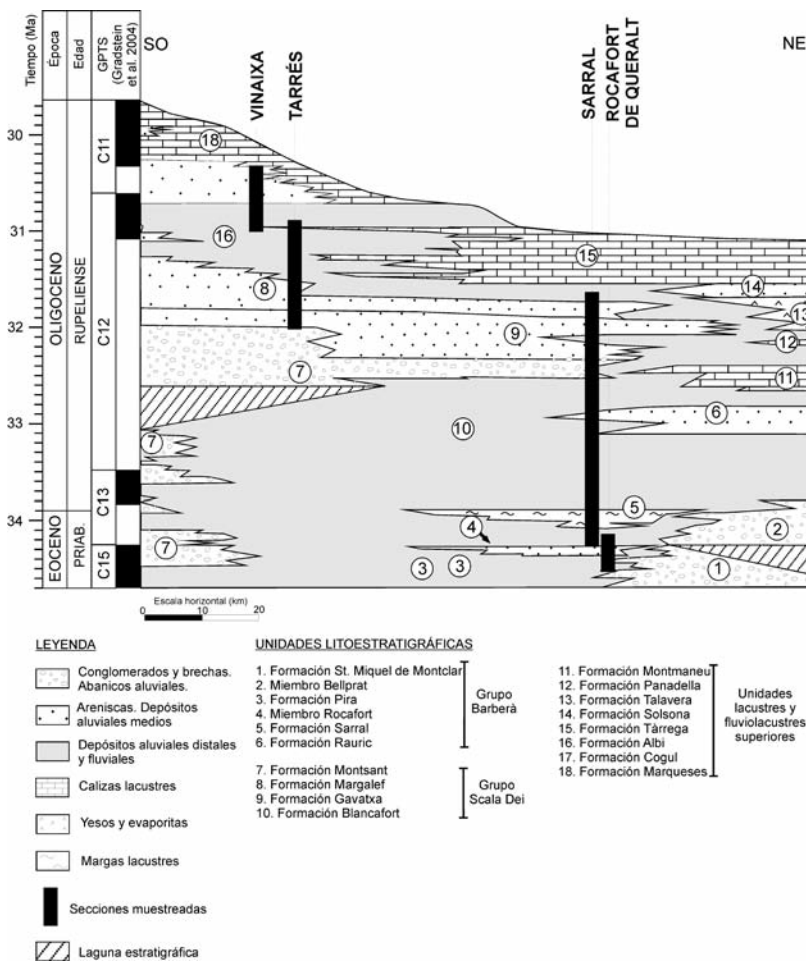


Fig. 2.- Esquema litoestratigráfico del Eoceno superior-Oligoceno en el sector SO de la Cuenca del Ebro (modificado de Barberà, 1999 y Sanjuan *et al.* 2015).

Fig. 2.- Lithostratigraphic scheme of the Upper Eocene-lower Oligocene of the southwestern part of the Ebro basin (modified from Barberà, 1999 and Sanjuan *et al.* 2015).

**Conclusiones**

La biozonación de carofitas del intervalo Priaboniense-Rupeliense en el sector oriental de la cuenca del Ebro está formada por cinco biozonas, tres de rango parcial (*L. vectensis*, *L. pinguis* y *C. microcera*), una de asociación (*H. tuberculata*-*N. jorbae*) y una de intervalo (*H. lineata*). Tres de ellas se integran además dentro de la superzona de *H. tuberculata*. La biozona de *L. vectensis* es especialmente sig-

nificativa por contener el límite Eoceno-Oligoceno. Estas biozonas fueron calibradas con la escala de la polaridad global del tiempo geológico por Sanjuan *et al.* (2014). La sinonimización de *L. pinguis* y *L. major* propuesta por Sanjuan y Martín-Closas (2015) ha comportado la fusión de las biozonas correspondientes. Asimismo se ha actualizado la taxonomía de algunas especies de las asociaciones de acompañantes, de acuerdo con Sanjuan y Martín-Closas (2014).

**Agradecimientos**

Este trabajo es una contribución a los proyectos CGL2008-0809 y CGL2011-27469. Agradecemos la revisión del manuscrito por los Dres. Pere Anadón y Miguel Garcés así como por el editor Dr. I. Arenillas

**Referencias**

Agustí, J., Anadón, P., Arbiol, S., Cabrera, Ll., Colombo, F. y Sáez, A. (1987). *Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen* 10, 35-42.

Anadón, P., Cabrera, Ll., Choi, S.J., Colombo, F., Feist, M. y Sáez, A. (1992). *Acta Geológica Hispánica* 27, 69-94.

Barberà, X. (1999). *Magnetostratigrafia de l'Oligocè del sector sud oriental de la Conca de l'Ebre: implicacions magneto-biocronològiques i seqüencials*. Tesis doctoral, Univ. de Barcelona, 247 p.

Barberà, X., Cabrera, Ll., Marzo, M., Parés, J.M. y Agustí, J. (2001). *Earth and Planetary Science Letters* 187, 1-16.

Costa, E., Garcés, M., López-Blanco, M., Beaumund, E., Gómez-Paccard, M. y Cruz-Larrosaña, J. (2010). *Basin Research* 22, 904-917.

Costa, E., Garcés, M., Sáez, A., Cabrera, Ll. y López-Blanco, M. (2011). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 301, 97-107.

Costa, E., Garcés, M., López-Blanco, M., Serra-Kiel, J., Bernaola, G., Cabrera, L. y Beamud, E. (2013). *Geologica Acta* 11, 177-193.

Feist, M., Anadón, P., Cabrera, L., Choi, S.J., Colombo, F. y Sáez, A. (1994). *Newsletters on Stratigraphy* 30, 1-32.

Gradstein, F.M., Ogg, J.G. y Smith, A.G. (2004). *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, 589 p.

Martini, E. (1971). En: *Proceedings of the 11 Planktonic Conference* (A. Farinaci, Ed.). Edizioni Tecnoscienza, Roma, 739-785.

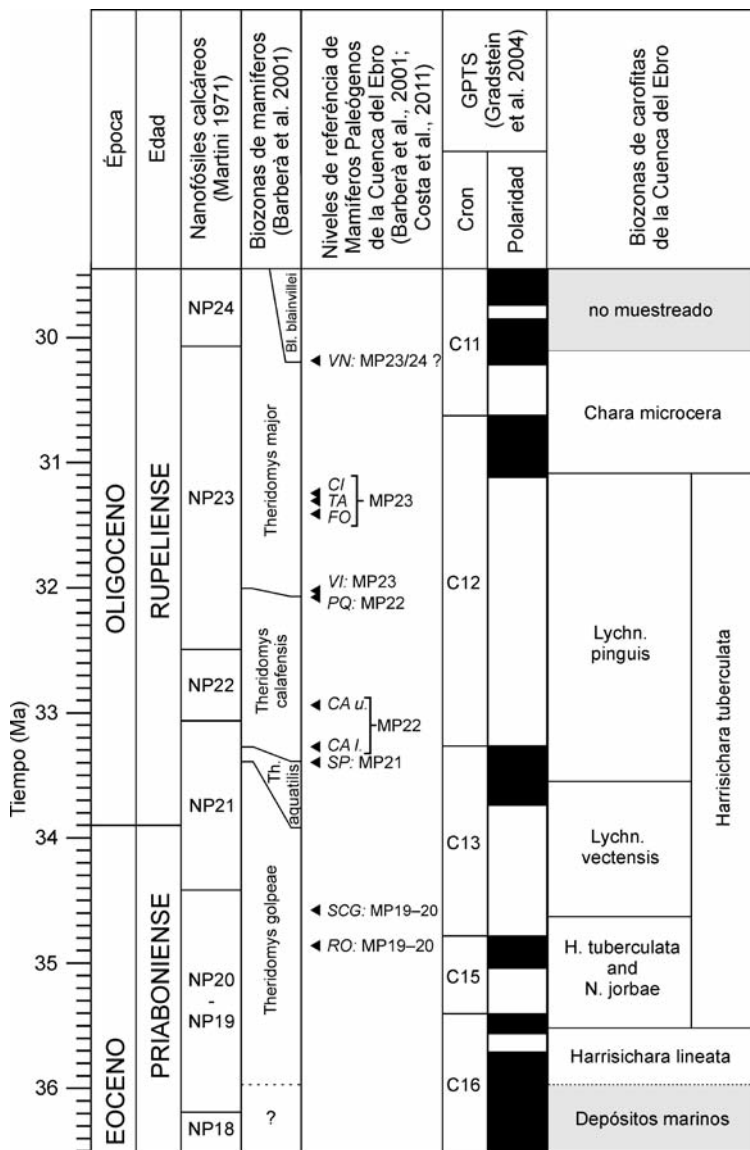
Riveline, J., Berger, J-P., Feist, M., Martín-Closas, C., Schudack, M. y Soulié-Marsche, I. (1996). *Bulletin Société Géologique de France* 167, 437-468.

Sanjuan, J. y Martín-Closas, C. (2014). *Geodiversitas* 36, 385-420.

Sanjuan, J. y Martín-Closas, C. (2015). *Papers in Palaeontology* 1, 223-236.

Sanjuan, J., Martín-Closas, C., Serra-Kiel, J. y Gallardo, H. (2012). *Geologica Acta* 10, 19-31.

Sanjuan, J., Martín-Closas, C., Costa, E., Barberà, X. y Garcés, M. (2014). *Stratigraphy* 11, 61-81.



**Fig. 3.- Nueva propuesta de biozonación de carofitas del Eoceno terminal-Oligoceno basal calibrada con la GPTS (Gradstein *et al.*, 2004). Se muestra la correlación con las biozonas de otros grupos establecidas por autores previos: nanofósiles calcáreos según Riveline *et al.* (1996), niveles de referencia de mamíferos Europeos (MP), biozonación local de mamíferos de la cuenca del Ebro: SCG, Sant Cugat de Gavadons. RO, Rocafort de Queralt. SP, Santpedor. CA l., Calaf inferior. CA u., Calaf superior. PQ, Porquerisses., VI, Vimbodí. FO, Forés. TA, Tàrraga. CI, Ciutadilla. TR, Tarrés. VN, Vinaixa (modificado de Sanjuan *et al.*, 2014).**  
*Fig. 3.- New proposal of charophyte biozonation for the Upper Eocene and Lower Oligocene calibrated to the GPTS (Gradstein *et al.*, 2004). Previous correlations with the other biozones: calcareous nannoplankton biozones according to Riveline *et al.* (1996), European mammal reference levels (MP, local (Ebro basin) mammal reference levels: Sant Cugat de Gavadons. RO, Rocafort de Queralt. SP, Santpedor. CA l., Calaf inferior. CA u., Calaf superior. PQ, Porquerisses, VI, Vimbodí. FO, Forés. TA, Tàrraga. CI, Ciutadilla. TR, Tarrés. VN, Vinaixa (modified from Sanjuan *et al.*, 2014).*