



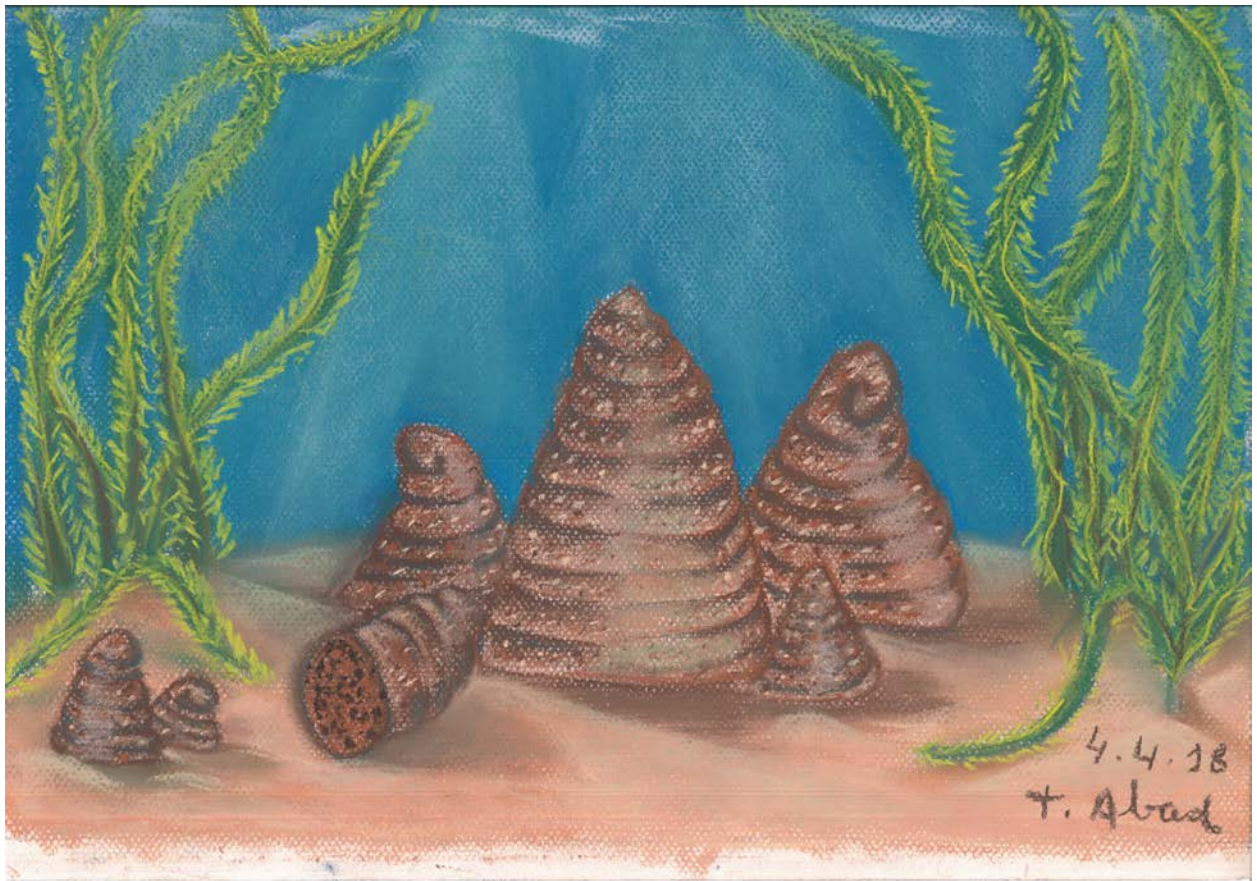
Universitat Autònoma de Barcelona

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  [http://cat.creativecommons.org/?page\\_id=184](http://cat.creativecommons.org/?page_id=184)

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

**WARNING.** The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

# TEXTURA Y ARQUITECTURA DE LOS ORBITOLINOIDEOS (SUPERFAMILIA ORBITOLINOIDEA): REVISIÓN Y CARACTERIZACIÓN



**Erzika Cruz Abad**

**Tesis doctoral  
Mayo 2018**





# **TEXTURA Y ARQUITECTURA DE LOS ORBITOLINOIDEOS (SUPERFAMILIA ORBITOLINOIDEA): REVISIÓN Y CARACTERIZACIÓN**

Tesis doctoral realizada por Erzika Cruz Abad en la Unidad de Paleontología del Departamento de Geología de la Universitat Autònoma de Barcelona dentro del programa de Doctorado en Geología, para la obtención del grado de Doctora en Geología.

Bellaterra, Mayo 2018

**Dra. Esmeralda Caus Gracia**  
Directora de la Tesis  
Unidad de Paleontología  
(UAB)

**Dra. Carme Boix Martínez**  
Codirectora de la Tesis  
Unidad de Paleontología  
(UAB)

**Erzika Cruz Abad**  
Autora



# Nota aclaratoria

En la redacción de esta memoria se han utilizado tanto la lengua española como la inglesa. Ello se debe a que se pretende obtener la mención de *Doctor europeus* en el título de doctor. Por ese motivo, y tal y como estipula la normativa de la Universitat Autònoma de Barcelona, parte de la tesis doctoral debe haber sido redactada en una de las lenguas oficiales de la Unión Europea distinta a las lenguas oficiales en España, y el resto utilizando una de las lenguas de presentación de esta universidad.

## Explanatory Note

In the writing of this work, Spanish and English languages have been used. It has been necessary to obtain the mention of *Doctor europeus* in the Ph.D. diploma. For this reason, and as it stipulates the internal normative of the Universitat Autònoma de Barcelona, part of the Ph.D. thesis must be written in one of the official languages of the official languages of the European Union (but different from the official languages in Spain), and the rest using one of the presentation languages of this university.



Para mi madre.  
Sin tu apoyo no hubiera llegado hasta aquí.





# Tabla de contenidos

Tabla de contenidos .....	i
Agradecimientos .....	v
Resumen .....	ix
Summary .....	xi
<b>1. Introducción y objetivos .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Metodología del trabajo .....</b>	<b>5</b>
2.1. Estudio Bibliografico .....	6
2.2. Trabajo de campo .....	6
2.2.1. Montes Lepini .....	7
2.2.2. Montes Vivo y Lo Cugno .....	7
2.2.3. Grecia .....	8
2.3. Trabajo de laboratorio .....	8
2.3.1. Preparación de muestras .....	8
2.3.2. Análisis de láminas delgadas .....	9
2.3.3. Análisis de microscopía electrónico (de barrido) y Catodoluminiscencia .....	13
2.4. Redacción de la memoria .....	15
<b>3. Orbitolinoideos: principales características .....</b>	<b>17</b>
3.1. Tamaño y morfología externa .....	18
3.2. Crecimiento y disposición de las cámaras .....	18
3.3. Secciones orientadas .....	20
3.4. Textura de la concha .....	21
3.4.1. Textura tipo <i>Orbitolina</i> .....	21
3.4.2. Textura tipo <i>Fallotella</i> .....	23
3.4.3. Textura tipo <i>Lepinoconus</i> .....	24
3.5. Estructuras (internas) de las cámaras: exoesqueleto y endoesqueleto .....	25
3.5.1. Zona marginal .....	25
3.5.2. Zona central .....	28

3.6. Aberturas, forámenes y estolones . . . . .	32
3.7. Jerarquización de los caracteres arquitecturales en los orbitolinoideos y coskinolinoideos . . . . .	35
<b>4. Historia y descripción de los géneros. . . . .</b>	<b>37</b>
4.1. Géneros descritos en el siglo XIX . . . . .	38
Género <i>Orbitolina</i> d'Obrigny 1850 . . . . .	38
Género Género <i>Coskinolina</i> Stache 1875. . . . .	43
<i>Síntesis</i> . . . . .	45
4.2. Géneros descritos en la primera mitad del siglo XX . . . . .	45
Género <i>Dictyoconus</i> Blanckenhorn 1900 . . . . .	45
Problemática de los <i>Dictyoconus</i> cretácicos	
Género <i>Lituonella</i> Schlumberger en Schlumberger y Douvillé, 1905. . . . .	49
Género <i>Pseudorbitolina</i> Douvillé, 1910 . . . . .	49
Género <i>Coskinolinoides</i> Keijzer, 1942. . . . .	50
Género <i>Orbitolinopsis</i> Henson, 1948 . . . . .	52
Género <i>Iraqia</i> Henson, 1948 . . . . .	52
<i>Síntesis</i> . . . . .	54
4.3. Géneros descritos en la segunda mitad del siglo XX . . . . .	55
<b>Eta</b> <b>1950-1970</b> . . . . .	55
Género <i>Simplorbitolina</i> Ciry y Rat, 1953. . . . .	55
Género <i>Fallotella</i> Mangin, 1954. . . . .	55
Género <i>Pseudolituonella</i> Marie, 1955. . . . .	57
Género <i>Abrardia</i> Neumann y Damotte, 1960. . . . .	58
Género <i>Neoiraqia</i> Danilova, 1963 . . . . .	60
Género <i>Palorbitolina</i> Schroeder, 1963, emendado Arnaud-Vanneau, 1980. . . . .	62
Género <i>Campanelulla</i> De Castro, 1964. . . . .	64
Género <i>Rectodictyoconus</i> Schroeder, 1964 . . . . .	64
Género <i>Neorbitolinopsis</i> Schroeder, 1965 . . . . .	64
Género <i>Paracoskinolina</i> Moullade, 1965. . . . .	67
Género <i>Paleodictyoconus</i> Moullade, 1965, emendado Arnaud-Vanneau, 1980. . . . .	68
Género <i>Praeorbitolina</i> Schroeder, 1965 . . . . .	68
Género <i>Urgonina</i> Foury y Moullade, 1966 . . . . .	69
Género <i>Alpillina</i> Foury, 1968, emendado por Arnaud-Vanneau, 1980 . . . . .	70
Género <i>Eopalorbitolina</i> Schroeder y Conrad, 1968. . . . .	70
Género <i>Valserina</i> Schroeder, Conrad y Charollais, 1968. . . . .	71
<i>Síntesis</i> . . . . .	72

Etapa 1971-2000. . . . .	75
Género <i>Valdanchella</i> Canerot y Moullade 1971. . . . .	75
Género <i>Falsurgonina</i> Arnaud-Vanneau y Argot, 1973. . . . .	76
Género <i>Naupliella</i> Decrouez y Moullade, 1974. . . . .	76
Género <i>Dictyorbitolina</i> Cherchi y Schroeder, 1975. . . . .	76
Género <i>Heterocoskinolina</i> Saint-Marc, 1978. . . . .	78
Género <i>Cribellopsis</i> Arnaud-Vanneau, 1980. . . . .	79
Género <i>Palorbitolinoidea</i> Cherchi y Schroeder, 1980. . . . .	79
Género <i>Calveziconus</i> Caus y Cornella, 1981. . . . .	80
Género <i>Carinoconus</i> Cherchi y Schroeder 1982. . . . .	81
Género <i>Praedictyorbitolina</i> Schroeder, Clavel y Charollais 1990. . . . .	83
Género <i>Karsella</i> Sirel 1997. . . . .	83
Género <i>Montseciella</i> Cherchi y Schroeder 1999. . . . .	86
Síntesis. . . . .	86
4.4. Géneros descritos en el siglo XXI. . . . .	88
Género <i>Barattolites</i> Veccio y Hottinger 2007. . . . .	88
Género <i>Pseudofallotella</i> Vicedo, Berlanga y Serra-Kiel, 2014. . . . .	88
Género <i>Roggerella</i> Gallardo-García y Serra-Kiel, 2016. . . . .	89
Género <i>Lepinoconus</i> Cruz-Abad et al., 2017. . . . .	90
Género <i>Cantabriconus</i> Schlagintweit et al., 2017. . . . .	90
Síntesis. . . . .	91
4.5. Clave de determinación genérica. . . . .	92
4.6. Esquema de distribución estratigráfica (géneros). . . . .	96
5. Clasificación sistemática de los orbitolinoideos: discusión. . . . .	97
6. Los orbitolinoideos de los Apeninos centrales y meridionales (Italia). . . . .	103
6.1. Introducción. . . . .	104
6.2. Cretácico inferior. . . . .	104
6.2.1. Estratigrafía y facies. . . . .	104
6.2.2. Descripción de los orbitolínidos. . . . .	110
6.2.3. Edad del intervalo con orbitolínidos. . . . .	117
6.3. Cretácico superior. . . . .	117
6.3.1. Estratigrafía y facies. . . . .	117
6.3.2. Descripción. . . . .	118
7. Conclusiones. . . . .	123
Conclusions. . . . .	125
8. Referencias. . . . .	127

**Anexos**

Anexo I. <i>Fissumella motolae</i> n. gen. n. sp., a new soritoidean (Foraminifera) from the lowermost Albian carbonate platform facies of central and southern Italy . . . . .	136
Anexo II. <i>Lepinoconus chiocchini</i> gen. n. sp. n., a conical agglutinated foraminifera from the upper Cretaceous of Italy. . . . .	144
Anexo III. Clave de reconocimiento de los géneros de los orbitolinoideos . . . . .	153
Anexo IV. Términos propuestos para la descripción de los principales elementos y estructuras de los orbitolinoideos y su traducción al inglés y francés . . . . .	154

# Agradecimientos

Con una gran lista de personas en la cabeza para agradecer, cuando estoy delante de la hoja no sé por dónde empezar. Todos habéis aportado vuestro granito de arena, habéis estado conmigo durante estos largos cuatro años, ... no os imagináis lo que me habéis ayudado. Muchas gracias por estar y darme vuestro apoyo.

Particularmente, me gustaría agradecer a la Dra. Esmeralda Caus Gracia el brindarme la posibilidad de realizar esta tesis doctoral, por su orientación, dedicación, esfuerzo y paciencia.

A mi codirectora Dra. Carme Boix Martínez que, recién llegada al Departamento de Geología (Paleontología) y, a pesar de tener mucho trabajo y una lista interminable de tareas por realizar, se implicó con entusiasmo en esta codirección. ¡Lo hemos conseguido!

Quisiera agradecer a mis antiguos profesores y actuales compañeros de la Unidad de Paleontología de la UAB: Dr. Josep Maria Pons, Dr. Ricard Martínez y Dr. Enric Vicens. Muchas gracias por vuestros ánimos, por vuestro apoyo y por vuestros consejos. Gracias por compartir conmigo estos años y por mimarme con dulces a la vuelta de vuestros viajes o los que me traíais a la vuelta del fin de semana al comenzar de nuevo la rutina diaria.

A mis compañeros de doctorado Raquel, Lorenzo, Maru, Sergi, Luis y Gerard. Gracias por vuestros ánimos y risas, por dedicarme un rato de vuestro tiempo en compartir vuestra experiencia en este campo a pesar de ir también estresados con vuestra tesis. Ja, ja, ja, ¡ahora sí que conozco la sensación del final de tesis!

También quisiera agradecer a Dra. Gumer Galán, profesora del área de Petrología y Geoquímica de la UAB, por informarme de la oferta de esta plaza de doctorado, animarme a enviar la solicitud y por sus enseñanzas de geoquímica que me han permitido aplicarlos en esta tesis.

Quisiera agradecer al profesor Mariano Parente del Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente (Università Degli Studi Di Napoli Federico II) por aceptarme en mi primera estancia breve, por sus enseñanzas en la geología regional y por permitirme estudiar la colección de láminas de la universidad de Nápoles (...más de 300).

También quisiera agradecer a los Drs. Karl Föllmi, Thierry Adatte, Peter Baumgartner y Claudia Baumgartner del Institut Des Sciences de la Terre (ISTE) de la Université de Lausanne (Suiza) por aceptarme en dos estancias de formación, por enseñarme los paisajes geológicos de Suiza, Italia y Grecia durante los campamentos con los alumnos suizos. Gracias por vuestras enseñanzas, cuidado y dedicación.

Me gustaría darle las gracias a la Dra Annie Arnaud-Vanneau por su invitación para visitarla en Grenoble, por sus explicaciones sobre la estructura de los orbitolinoideos y por nuestras discusiones muy productivas sobre los géneros y cómo diferenciarlos entre ellos.

A Peter y Claudia Baumgartner por los numerosos análisis y discusiones sobre la pared de los Orbitolínidos que próximamente será plasmado en una publicación.

Quisiera agradecer a mis amigos Ari, Elisenda, Lara, Miguel, Anna, Xavi, Emma, Gerard, Iván, Marta, Víctor, Xavi, Marc por escucharme, hacerme reír y ayudarme a distraerme.

También a mis compañeros de Jeet Kune Do por aguantarme las manoplas en los entrenos para que desahogara la tensión.

También me gustaría agradecer a dos personas que han colaborado en esta tesis, la primera Laia Comellas Esteruelas por ayudarme a hacer el montaje de la tesis y ponerla bonita para que perdure a lo largo de la historia. La segunda persona es Mónica González Egea, profesora de Bellas Artes en el centro BLOC (Centre d'Expressió Artística de Terrassa) por aceptar el proyecto de la portada.

Sin olvidarme de mis compañeros de BTT *Nivel 0.0* por compartir vuestro tiempo libre, vuestras enseñanzas dentro de este mundillo a dos ruedas, por nuestras charlas y momentos de risa. ¡Ahora sí que no tengo excusa para no salir!

No puede faltar en estos agradecimientos una persona muy especial y sumamente importante para mí: Mi madre, Teresa Abad

Gutiérrez. Que conste, que escribo su nombre para que quede un registro para el resto de la vida. Te estoy infinitamente agradecida por tu apoyo, tu ayuda, por estar conmigo y darme soporte en los altibajos de la tesis.

Agradezco al Laboratorio de Preparación de Láminas Delgadas de la UAB, Luís Gordon y Marc Puigcerver, por vuestro trabajo y dedicación al preparar el material.

Le doy las gracias al Ministerio de Economía y Competitividad por concederme la Ayuda para Contratos Predoctorales (BES-2013-065817), asociada al proyecto CGL 2012/33160, y por las tres estancias breves (EEBB-I-15-09711; EEBB-I-16-11018; EEBB-I-17-12738) que me han concedido para realizar esta tesis. La tesis ha sido realizada en el marco de los proyectos CGL 2012/33160 (IP: Dra. Esmeralda Caus Gracia) y CGL2015-69805-P (IP: Dr. Carles Martín Closes).





# Resumen

En la presente tesis se discuten los resultados obtenidos del análisis de la textura, arquitectura y sistemática de los orbitolinoideos (Superfamilia Orbitolinoidea), un grupo de macroforaminíferos imperforados complejos que caracterizaron los depósitos de plataforma somera en sucesivos ciclos de maduración de las comunidades de macroforaminíferos (GCMC), desde el Cretácico inferior hasta el Paleógeno. Se redefinen, con la utilización de una nomenclatura unificada, todos los géneros incluidos originariamente en las superfamilias Orbitolinoidea Martin, 1890, y Coskinolinoidea Moullade, 1965, *sensu* Kaminski et al. (2014), resultando 33 géneros válidos, 4 caen en sinonimia y 4 deben ser incluidos en superfamilias distintas a Orbitolinoidea.

Se presentan nuevos datos sobre sistemática: 1) la superfamilia Coskinolinoidea se considera sinónima de Orbitolinoidea, ya que los caracteres en los que se basa su definición son compartidos por ambas superfamilias; 2) se aceptan las familias Orbitolinidae Martin, 1890, y Coskinolinidae Moullade, 1965, y se sugiere una nueva familia Fallotellidae (género tipo: *Fallotella* Mangin, 1954), para las formas con exoesqueleto en alcobas; 3) la existencia de un embrión megaloesférico simple o complejo para dividir la familia Orbitolinidae en dos subfamilias, Orbitolininae y Coskinolininae, se considera un carácter no válido, ya que tal carácter puede darse indistintamente, en al menos, las familias Orbitolinidae y Fallotellidae.

Se estudian casos particulares de orbitolinoideos en el Cretácico de los Apeninos meridionales y centrales. En el primero se identifican *Cribllopsis* aff. *arnaudae* Chiochini, 1989 y *Neoiraqia insolita* (Decrouez y Moullade, 1974) en depósitos atribuidos al Albiense inferior?-medio. En esta misma área se ha descrito un nuevo género de foraminíferos porcelanado, *Fissumella motolae*, que permite conocer el origen de los soritoideos. En el segundo caso particular estudiado, se describe un nuevo género, *Lepinoconus* (cuya especie tipo es *Lepinoconus chiochinii* Cruz-Abad et al., 2017).



# Summary

This thesis includes the main results of the analyses on the texture, architecture and systematics performed on orbitolinoideans (Superfamily Orbitolinoidea), a group of complex, imperforate larger foraminifera that characterised the shallow-platform carbonate deposits in successive Global Community Maturation Cycles (GCMC) from the Lower Cretaceous to Paleogene times. Using a unified nomenclature, all the genera previously included in the Superfamilies Orbitolinoidea Martin, 1890, and Coskinolinoidea Moullade, 1965, *sensu* Kaminski et al. (2014), have been redefined, resulting on the establishment of 33 valid genera, four are considered synonyms of existing genera, and other four have been removed from Superfamily Orbitolinoidea.

New data on systematics is presented: 1) Superfamily Coskinolinoidea is considered as a synonym of Orbitolinoidea, as they share the same characters for their definition; 2) Families Orbitolinidae Martin, 1890, and Coskinolinidae Moullade, 1965, are accepted, and the new family Fallotellidae (Type-genus: *Fallotella* Mangin, 1954) is created comprising the forms with exoskeleton with alcoves (only beams); 3) the use of the presence of a simple or complex megalosphaeric embryo as a tool to divide the Family Orbitolinidae into two subfamilies (Orbitolininae and Coskinolininae) is no longer valid, as different degrees of complexity in the embryonic apparatus have been observed in both Families Orbitolinidae and Fallotellidae.

Furthermore, two case studies on the Cretaceous orbitolinoideans from Meridional and Central Apennines (Italy) have been performed and the results are presented. In one of the studies, *Cribellopsis* aff. *arnaudae* Chiochini, 1989, and *Neoiraqia insolita* (Decrouez y Moullade, 1974) are identified within deposits from Lower?-Middle Albian. In the same area, a new genus of porcellaneous foraminifera is described: *Fissumella motolae*, providing information about the origins of soritoidean foraminifera. A second study allowed the definition of a new orbitolinoid genus: *Lepinoconus* (Type-species: *Lepinoconus chiochinii* Cruz-Abad et al., 2017).



# 1

# INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los foraminíferos orbitolinoideos y coskino-linoideos *sensu* Kaminski (2014) se caracterizan por su concha de pared aglutinada, morfología cónica y disposición uniseriada de las cámaras adultas. La cara apertural presenta múltiples aberturas en su zona central. El lumen de las cámaras está ocupado por estructuras esqueléticas, que pueden tener distintos grados de complejidad.

Los orbitolinoideos y coskinolinoideos *sensu* Kaminski (2014) colonizaron todos los medios de plataforma, desde las zonas marginales hasta el límite inferior de la zona fótica, aunque esta ocupación de la plataforma no fue uniforme, ni en su relación con la morfología, ni en el tiempo geológico. Las formas de pequeño tamaño y de morfología cónico-cilíndrica o cónica relativamente elevada son comunes en las áreas menos profundas y marginales de las plataformas carbonatadas, desde su aparición en el registro fósil hasta su desaparición. Mientras, las formas grandes y relativamente planas (cónico-discoideas) son típicas del intervalo de tiempo Aptiense superior-Cenomaniense y ocuparon medios más profundos de las plataformas carbonatadas y mixtas, aunque siempre en el interior de la zona fótica.

Debido a su abundancia y rápido reemplazamiento en el tiempo de sus géneros y/o especies, los orbitolinoideos y coskino-linoideos *sensu* Kaminski (2014) constituyen una importante herramienta de datación de las facies carbonatadas formadas en medios poco profundos, donde los organismos pelágicos, tales como ammonítidos, foraminíferos planctónicos o nanoplancton calcáreo, entre otros, son raros o incluso inexistentes. Así, se han generado numerosas escalas biostratigráficas, más o menos locales, para determinados intervalos estratigráficos (véase por ejemplo: Ar-

naud-Vanneau, 1980; Schroeder y Neumann, 1985; Moullade et al. 1985; Schroeder, et. al., 2000, 2010; Veccio y Hottinger, 2007). Algunas de estas escalas han sido calibradas con ammonítidos u otros grupos de organismos, mientras otras presentan un anclaje poco claro en la escala cronoestratigráfica global, resultando su utilización limitada.

Sin embargo, aparte de los problemas de índole bioestratigráfica, uno de los principales retos en el uso de orbitolinoideos y coskinolinoideos *sensu* Kaminski (2014) en trabajos geológicos regionales es la falta de rigor en la identificación de los taxones, lo que provoca, muchas veces, errores en su utilización bioestratigráfica. Ya Manfred Reichel, un científico suizo avanzado en el conocimiento de las estructuras internas de los foraminíferos, resaltaba (véase Henson, 1948) que le resultaba imposible clasificar las diferentes especies de orbitolínidos y sugería que, antes de utilizarlas en bioestratigrafía se establecieran unos criterios claros para su identificación. Estas consideraciones de Reichel son, hoy día, más vigentes que nunca debido a la gran proliferación de géneros y especies. Los estudios más restrictivos dan una media de más de 40 géneros y 150 especies.

Desde el punto de vista de la que realiza esta tesis, este último problema, cuya subsanación es prioritaria a la utilización bioestratigráfica de este grupo, es consecuencia de varios factores, entre los que destacan: a) la proliferación de especies desde la creación del género *Orbitolina* por d'Orbigny en 1850, a veces sinónimas, con la consiguiente duplicidad de taxones; b) la creación de numerosos nuevos taxones, tanto géneros como especies, con descripciones y figuraciones escasas y poco claras, basadas en secciones oblicuas y/o tangenciales, donde el estudio y comprensión de las

estructuras que los caracterizan resultan imposibles de detectar; c) los numerosos y constantes cambios de adscripción genérica de las especies, en muchos casos sin ninguna explicación convincente; d) la escasa unificación en las descripciones originales de los términos estructurales. Es decir, el uso de distintos nombres para las mismas estructuras, o viceversa, el uso de un mismo nombre para designar estructuras distintas. No debe olvidarse que muchas de las estructuras de las conchas de los orbitolinoideos y coskinolinoideos *sensu* Kaminski (2014) tienen un carácter marcadamente funcional y, por lo tanto, se repiten en niveles temporalmente distintos en la historia geológica, lo que requiere un estudio detallado en tres dimensiones para su correcta identificación.

En este escenario, el objetivo de la presente tesis ha sido doble. Por una parte, resolver los problemas de identificación existentes en los taxones descritos. Por otra, el establecimiento de una clasificación sistemática coherente. Para ello se propuso realizar: 1) una recopilación bibliográfica y estudio exhaustivo de los géneros descritos a lo largo de la historia paleontológica (desde la descripción de *Orbitolina* por D'Orbigny en 1850) mediante el uso de las especies tipo, así como la identificación de los géneros válidos, los sinónimos, los no válidos o los pertenecientes a otros grupos taxonómicos; 2) la identificación de los principales caracteres que distinguen cada uno de los taxones y su descripción detallada con el uso de una terminología unificada y actualizada, así como el establecimiento de las equivalencias entre los distintos términos históricamente utilizados en las descripciones y su sugerencia de uso en el futuro; 3) revisión de la clasificación sistemática de los orbitolinoideos y coskinolinoideos *sensu* Kaminski (2014).

En la segunda parte de esta misma tesis, se propuso la aplicación de los conocimientos adquiridos a la resolución de casos particulares, centrados en el Cretácico de los Apeninos centrales (región de Lacio) y meridionales (región de Campania), en Italia.

La consecución de los objetivos propuestos en esta tesis ha sido posible por la estricta aplicación de una metodología de trabajo, que ha comprendido varias tareas, las cuales han sido llevadas a cabo, en el tiempo, de manera paralela, discontinuamente o en orden inverso al que se presentan.







# 2

# METODOLOGIA

## 2.1. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO

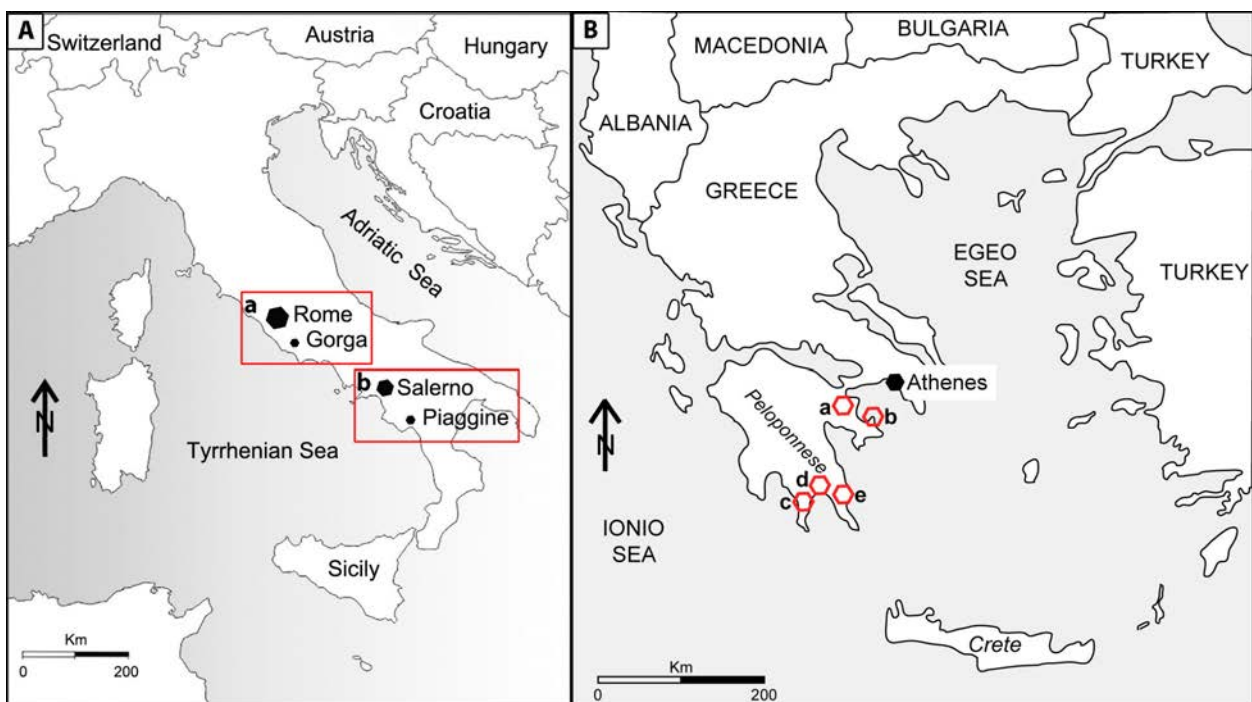
El estudio bibliográfico ha comprendido dos temas paralelos. El primero de ellos ha sido el análisis de los trabajos básicos sobre foraminíferos, en particular sobre los foraminíferos aglutinados cónicos, uniseriados en estado adulto y estructura compleja: orbitolinoideos y coskinolinoideos *sensu* Kaminski (2014). Se ha realizado una recopilación bibliográfica de todos los géneros descritos en la literatura paleontológica, desde la descripción del primer orbitolinoideo en 1850 hasta nuestros días. Las descripciones han sido analizadas críticamente teniendo en cuenta las características de las especies tipo de cada género. Los resultados de este estudio se presentan en los capítulos III y IV.

Paralelamente al estudio sobre los foraminíferos se ha realizado un estudio bibliográfico

sobre la geología y paleontología de dos zonas de estudio, los Apeninos centrales y meridionales (Italia) y el Peloponeso (Grecia) (Fig. 1), con objeto de seleccionar áreas con: a) buenos afloramientos, escasa tectónica y facilidad de acceso; b) existencia de estudios anteriores en los que se citan orbitolinoideos y/o coskinolinoideos *sensu* Kaminski (2014); c) datos quimioestratigráficos (isótopos de estroncio –SIS– y isótopos del Carbono y Oxígeno). Esta información se muestra en el capítulo VI.

## 2.2. TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo ha consistido en el reconocimiento de las áreas seleccionadas previamente, levantamiento de secciones estratigráficas detalladas y muestreo. Se han escogido dos áreas de estudio en la Península Italiana: Montes Lepini (Apeninos cen-



**Figura 1.** A: situación geográfica de las áreas de estudio en Italia. a: Apeninos centrales; b: Apeninos meridionales. B: situación geográfica de las áreas de estudio en el Peloponeso (Grecia). a: Epano; b: Methana; c: Agios Georgios; d: Korompeina; e: Agia Paraskevi.

trales, en la región de Lacio) para el estudio del Cretácico superior (Fig.1A, a) y los Montes Vivo y Lo Cugno (Apeninos meridionales, en la región de Campania) para el Cretácico inferior (Fig. 1A, b). También dos secciones estratigráficas en la parte más oriental de la península del Peloponeso (Grecia; Fig. 1B, a y b) y recogida de muestras puntuales al sur de la misma (Fig. 1B, c-e).

unos 80 km, y está constituida principalmente por rocas carbonatadas de edad Mesozoica depositadas en aguas poco profundas (Accordi, 1966; Centamore et al. 2007) (Fig. 2).

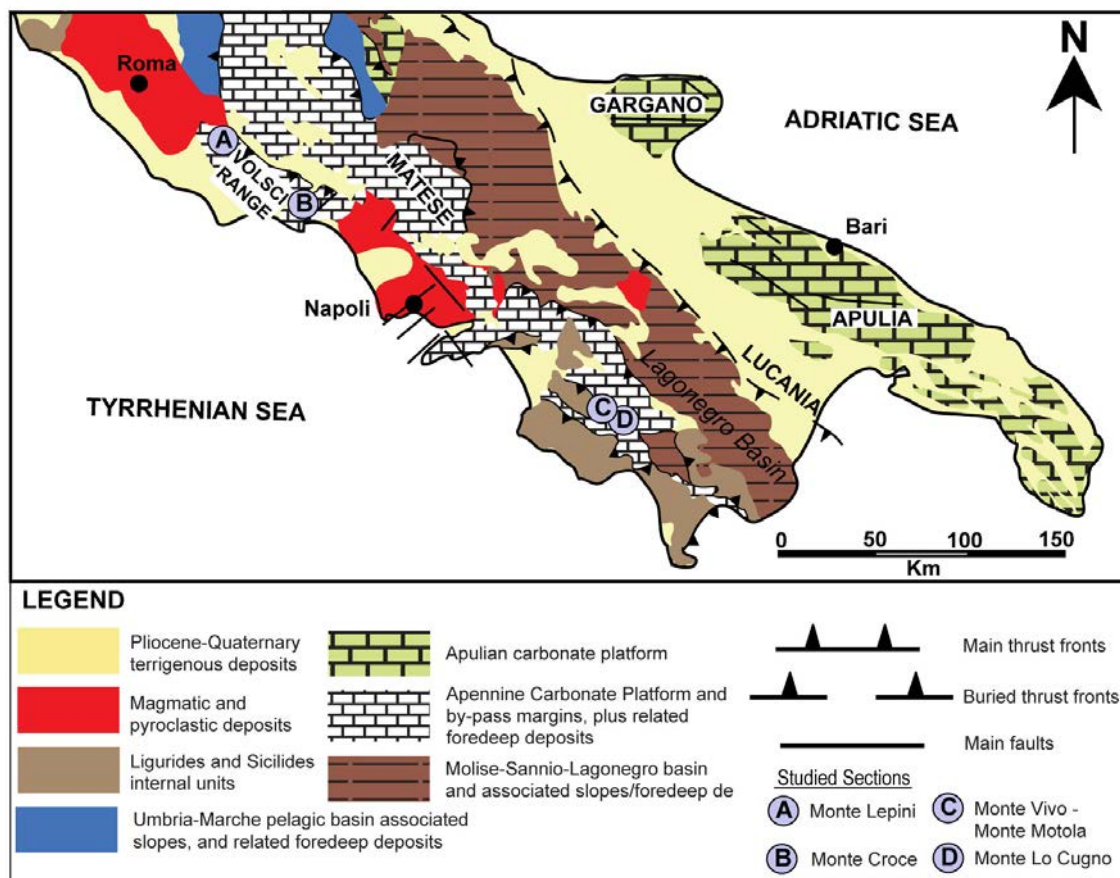
En esta área se ha realizado una sección estratigráfica al este del pueblo de Gorga, en el camino que conduce a la base del Monte Filaro (base de la sección: N 41°39'19"-E 13°07'17"; Fig. 3).

### 2.2.1. Montes Lepini

Los Montes Lepini están localizados en el sur de la región del Lacio y, juntamente con los Montes Ausoni y Aurunci, constituyen una alineación montañosa (Volsci Range) que se extiende, de noroeste a sureste, a lo largo de

### 2.2.2. Montes Vivo y Lo Cugno

La sección del Monte Vivo ha sido muestreada en la ladera sur del monte del mismo nombre, a unos 3,5 km del pueblo de Piaggini (provincia de Salerno). La base de la sección



**Figura 2.** Mapa geológico de Italia central y meridional con la situación de las secciones estudiadas. Modificado de Bonardi et al. (1988).



**Figura 3.** Localización de la sección Monte Lepini en el campo.

se sitúa a pocas decenas de metros al este del inicio del camino que conduce al santuario de la Madonna del Vivo (base de la sección:  $40^{\circ}21'43.6''\text{N}$  -  $15^{\circ}25'20.3''\text{E}$ ; Fig. 4). La sección del Monte Lo Cugno se ha realizado en su ladera suroeste, alrededor de 3,5 km del pueblo de San Giacomo (provincia de Salerno) (base de la sección:  $40^{\circ}19'31.70''\text{N}$  -  $15^{\circ}31.3'07''\text{E}$ ; Fig. 4). Además, se han incorporado las muestras de las secciones de Monte Croce (Apeninos centrales) y Monte Motola (Apeninos meridionales), descritas por Di Lucia et al. (2012).

En total, en Italia, se han recogido 170 muestras, todas ellas de rocas carbonatadas no disgregables.

### 2.2.3. Grecia

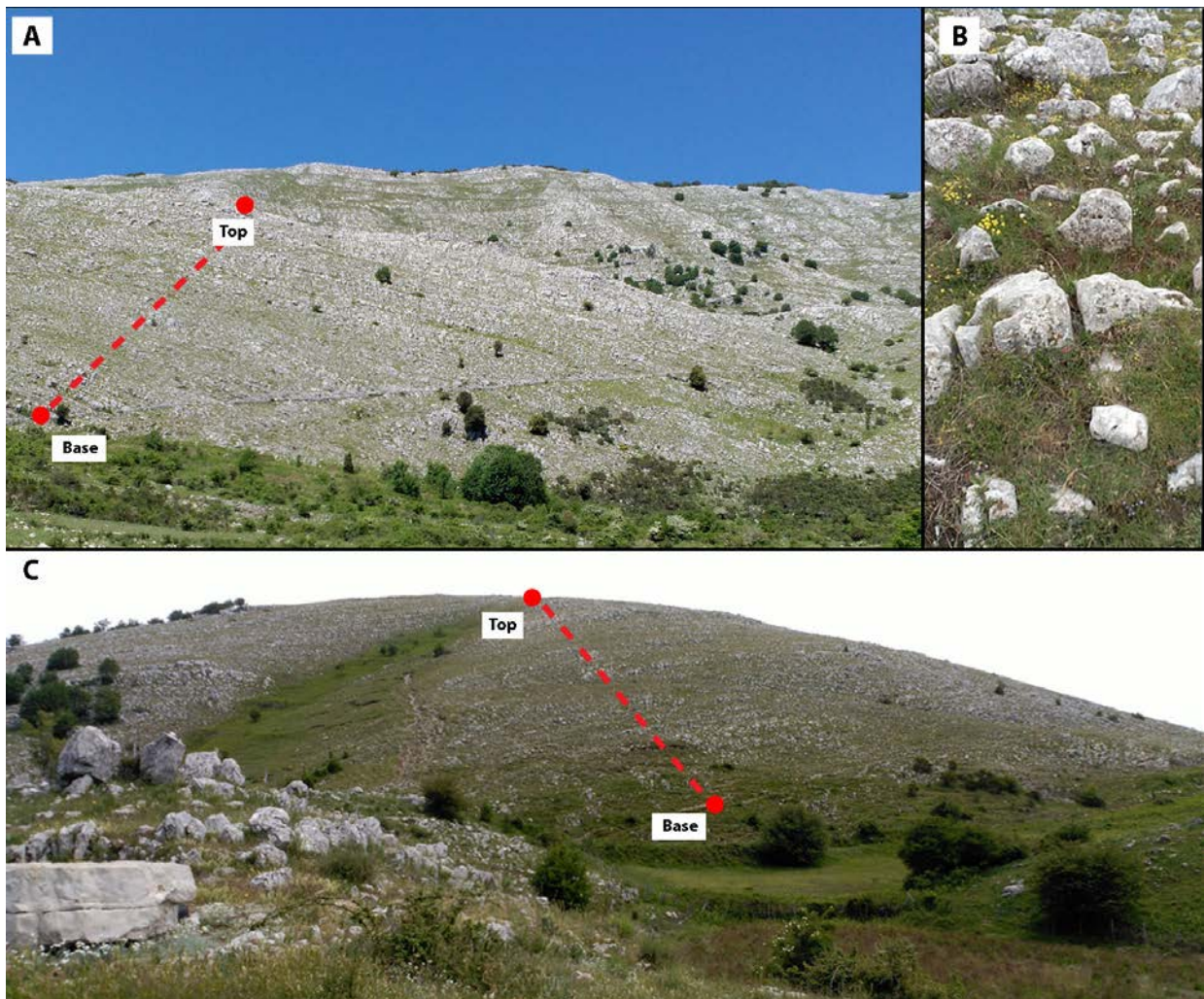
Las provincias de Argólida, Laconia y la parte sud de la provincia de Ática se sitúan en la parte más oriental de la península del Peloponeso. Se recogieron 15 muestras de roca carbonatadas en la península del Peloponeso (Fig. 1B) para el estudio de la mineralogía

de la pared de los orbitolínidos. Estas muestras proceden de dos series estratigráficas, Epáno Epidauró ( $37^{\circ}38'137''\text{N}$ - $23^{\circ}05'225''\text{E}$ ) y Asprovuoni (Methana;  $37^{\circ}34'38.55''\text{N}$ - $23^{\circ}22'03.86''\text{E}$ ) (Fig. 5, 6), y se complementaron con varias muestras puntuales, recogidas en Agios Georgios ( $37^{\circ}34'039''\text{N}$ - $22^{\circ}53'046''\text{E}$ ), Agia Paraskevi ( $37^{\circ}0.7'23''\text{N}$ - $23^{\circ}49.2'54''\text{E}$ ) y Korompeina ( $37^{\circ}34'947''\text{N}$ - $22^{\circ}54'466''\text{E}$ ) (Fig. 1B, 6). Para más información sobre la geología del área, véase Baumgartner, 1985.

## 2.3. TRABAJO DE LABORATORIO

### 2.3.1. Preparación de muestras

Las muestras recogidas en la Península Italiana, todas procedentes de rocas no disgregables, se han examinado con una lupa de mano para seleccionar las áreas más apropiadas para realizar láminas delgadas. Estas han sido realizadas en la Universitat Autònoma de Barcelona, con las técnicas habitualmente utilizadas para la elaboración de láminas delgadas. Durante la realización de



**Figura 4.** A, B: Monte Vivo. A: fotografía de campo indicando la base y el techo de la sección realizada. B: fotografía a detalle del aspecto de las rocas en éstas sección. C: fotografía de campo indicando la base y el techo de la sección de Monte Lo Cugno.

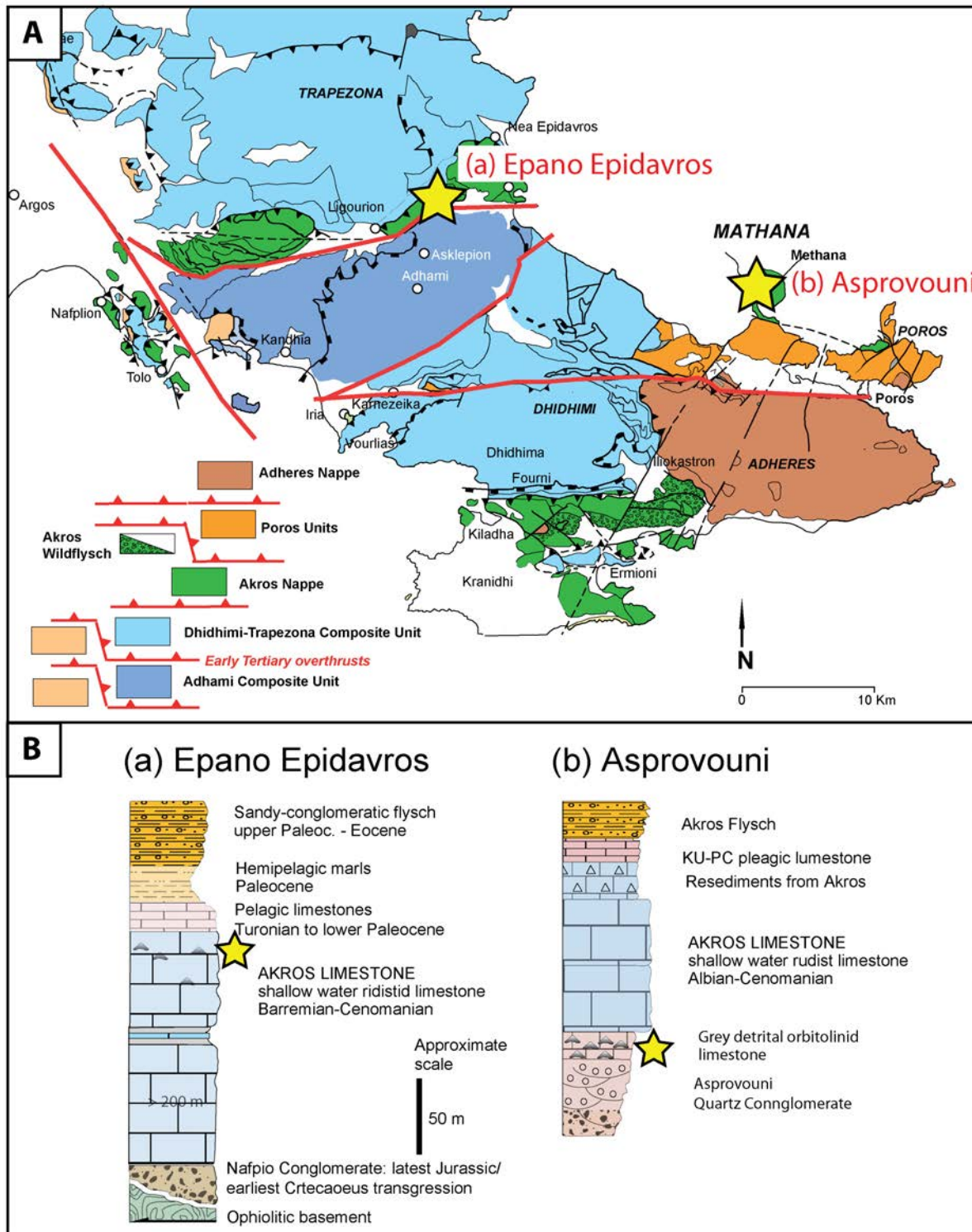
las láminas en el laboratorio especializado, estas han sido sometidas a un riguroso control con el objeto de obtener el espesor más adecuado para cada tipo de foraminífero, para facilitar posteriormente la identificación de las distintas estructuras. De las muestras recogidas se han elaborado un total de 380 láminas delgadas (45 mm x 27 mm) para el estudio de los foraminíferos y microfacies.

Las muestras recogidas en Grecia, también procedentes de rocas no disgregables, han sido preparadas en el Institut des Sciences de la Terre de la Universidad de

Lausana (Suiza), con preparaciones específicas según el tipo de estudio o análisis a realizar: a) confección de 55 láminas delgadas para estudios de Microscopía óptica b) selección de 5 muestras de roca (aproximadamente 0"5 cm<sup>2</sup>) para estudios con el microscopio electrónico (SEM). c) selección de 10 láminas para catodoluminiscencia.

### 2.3.2. Análisis de láminas delgadas

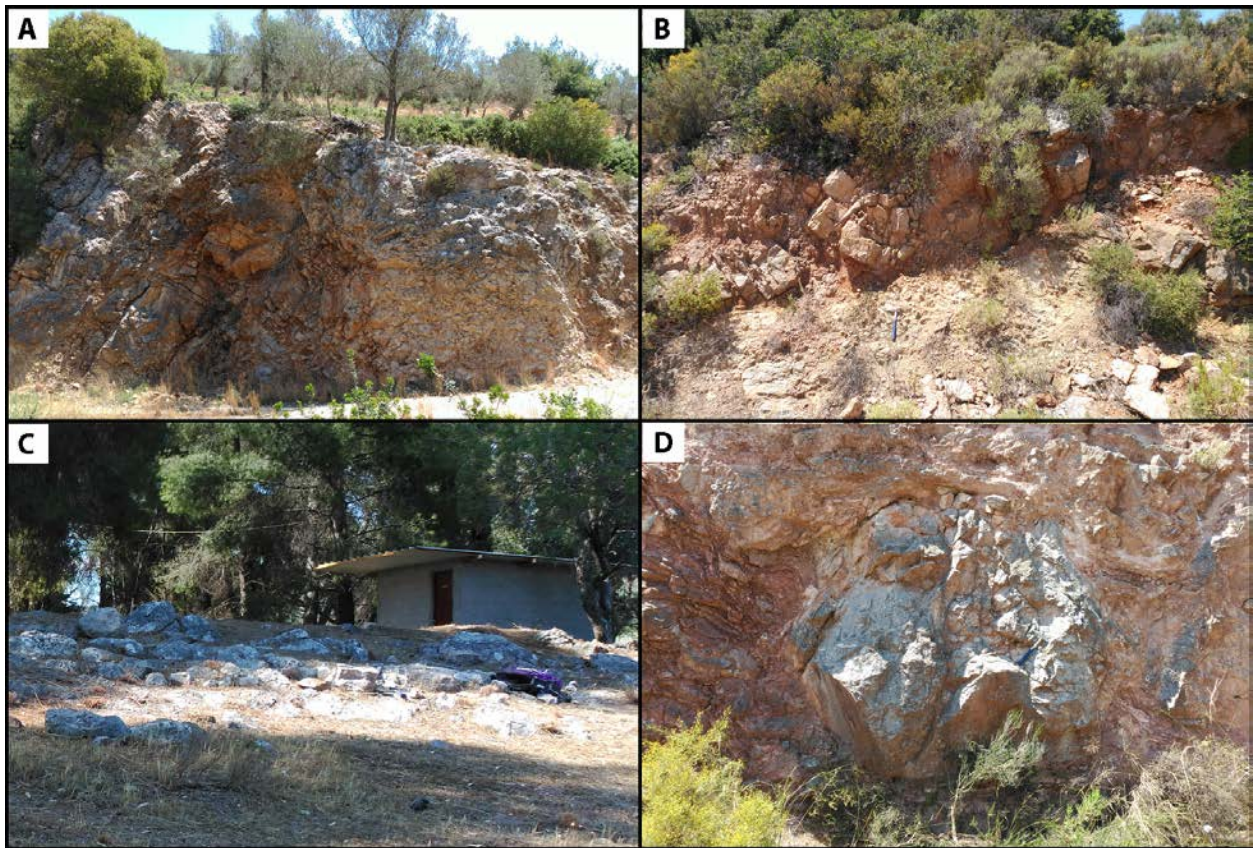
De cada lámina delgada procedente de los estudios de campo se ha descrito su litolo-



**Figura 5.** A: mapa de las principales unidades tectónicas de las regiones Ática (parte sur) y Argólida (Peloponeso) con la localización de las secciones estudiadas (a, b). B: secciones estratigráficas de Epano Epidavros (a) y Asprovouni (b). Todo extraído de Baumgartner (1985).

gía y contenido fósil, indicando si se trata de organismos enteros o solamente fragmentos de los mismos. Dado que se tra-

ta de rocas principalmente carbonatadas, para su clasificación se han seguido los criterios de Folk (1959) y Dunham (1962).



**Figura 6.** Detalle de los afloramientos con orbitolínidos de las secciones realizadas y de los afloramientos puntuales. **A:** Epano Epidavro. **B:** Asprovouni (Methana). **C:** Agios Georgios. **D:** Agia Paraskevi.

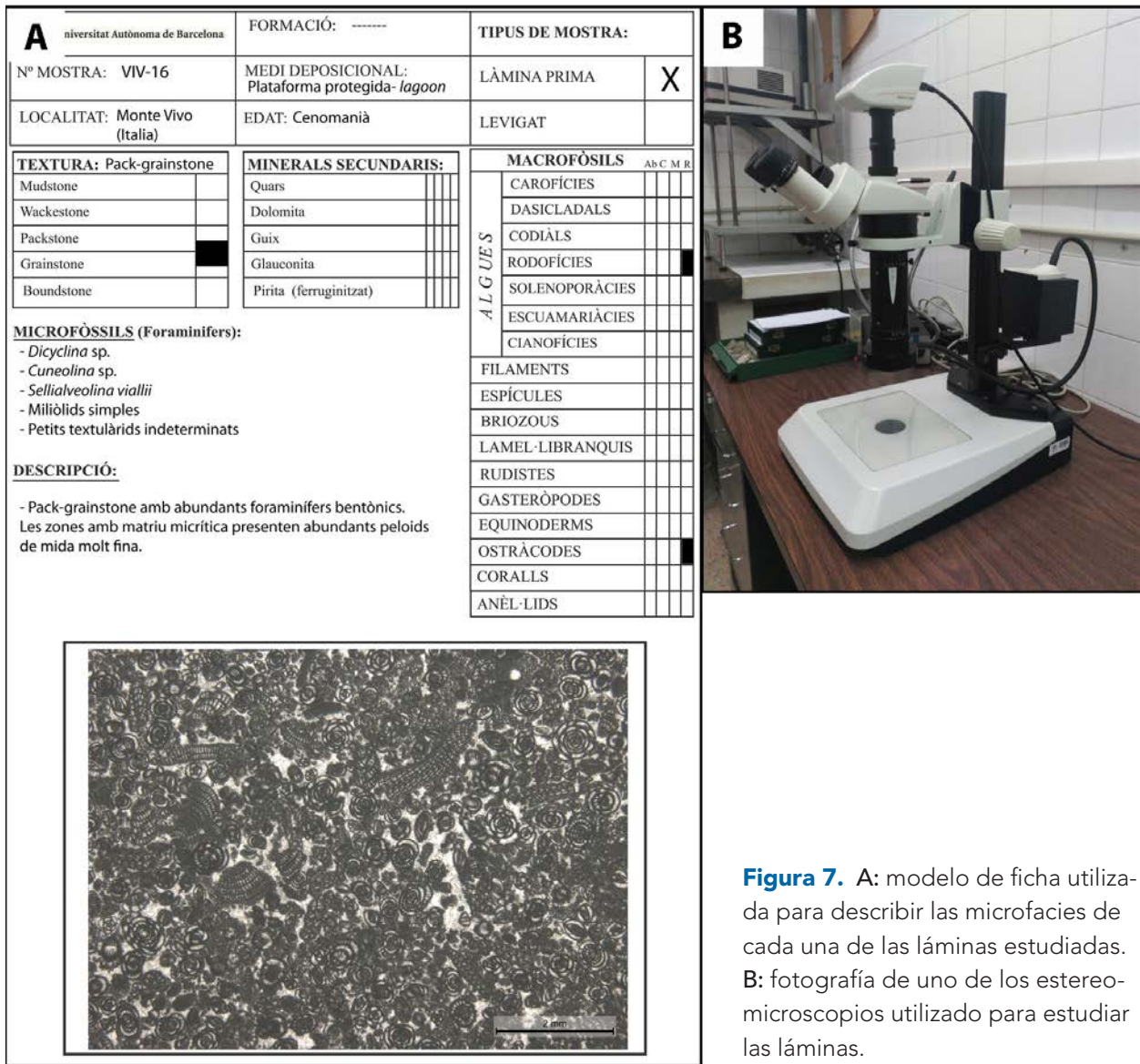
Para facilitar el trabajo y posterior almacenaje de datos, se ha confeccionado una ficha, donde además de la litología y el contenido fósil se ha insertado una fotografía representativa a escala 12.5 o 25 aumentos según el tamaño de los componentes. En esta ficha se ha incluido también la unidad litoestratigráfica (formal o informal), el número de muestra, el medio de depósito y la edad deducidos de cada lámina (Fig. 7A). Estas fichas han pasado a formar parte de la colección del Grupo de Micropaleontología de la Universitat Autònoma de Barcelona.

El siguiente paso ha sido la selección de todas las secciones, orientadas y aleatorias, de orbitolinoideos contenidos en las láminas y los macroforaminíferos asocia-

dos, que se han fotografiado utilizando diversos aumentos (x25, x50, x100); para los detalles, se han utilizado aumentos superiores siempre que ha sido necesario. Se han realizado más de 4.000 fotografías que forman parte de la colección del grupo de Micropaleontología de la UAB. El trabajo ha sido realizado con un estereomicroscopio Z16 APO, conectado a una cámara digital Leica DFC320 (Fig. 7B). Las imágenes se han tratado con el programa de tratamiento de imágenes Adobe Photoshop.

A parte de las láminas delgadas de las muestras antes mencionadas, se han estudiado también más de 350 láminas delgadas de las secciones de Monte Croce, Monte Motola, Monte Vivo y Monte Lo Cugno





**Figura 7.** A: modelo de ficha utilizada para describir las microfacies de cada una de las láminas estudiadas. B: fotografía de uno de los estereomicroscopios utilizado para estudiar las láminas.

de la colección de la Universidad de Nápoles, cedidas por el Prof. Mariano Parente. De estas láminas delgadas, igual que en las muestras anteriores, se han confeccionado fichas para su informatización.

Los orbitolinoideos, así como los macroforaminíferos asociados, han sido identificados a nivel genérico y/o específico siempre que el número y la calidad de las secciones lo han permitido. En los casos de escaso material para su identificación, o mal estado de conservación se han dejado en nomenclatura abierta. Para la identificación

de los macroforaminíferos se han seguido los criterios clásicos, resumidos en Hottinger (2006). Estos criterios comprenden: a) la textura de la pared de la concha; b) la disposición de las cámaras durante su ontogenia; c) la presencia o ausencia de exoesqueleto y sus diferentes tipos; d) la disposición y forma de las aberturas (y forámenes); e) los elementos del endoesqueleto y su disposición; f) la existencia de dimorfismo acusado; g) los aparatos embrionarios, entre otros. En particular, para los orbitolinoideos se explica en el capítulo III de esta memoria.

Los géneros se identifican por la presencia o ausencia de elementos estructurales combinados con la disposición de las cámaras, mientras las especies se definen mediante caracteres cuantitativos (proporciones y/o tamaño de las conchas adultas y sus componentes). Los resultados se dan en el capítulo IV.

### 2.3.3. Análisis de microscopía (de barrido) electrónico y Catodoluminiscencia

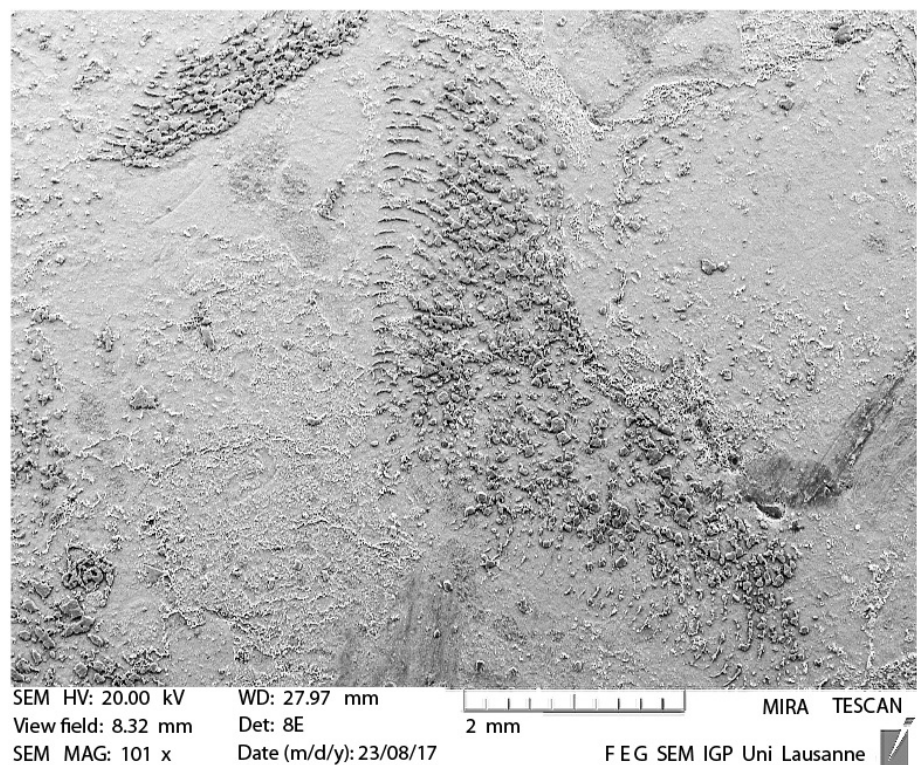
Se atacó una muestra de roca pulida que contenía foraminíferos cónicos fósiles con ácido clorhídrico al 1%. Como resultado, el carbonato se disolvió parcialmente, dejando el cuarzo existente en relieve. En esta superficie, se tomaron fotografías de alta resolución de diferentes partes internas de un mismo foraminífero (Fig. 8). Aún está por determinar si estos granos de cuarzo

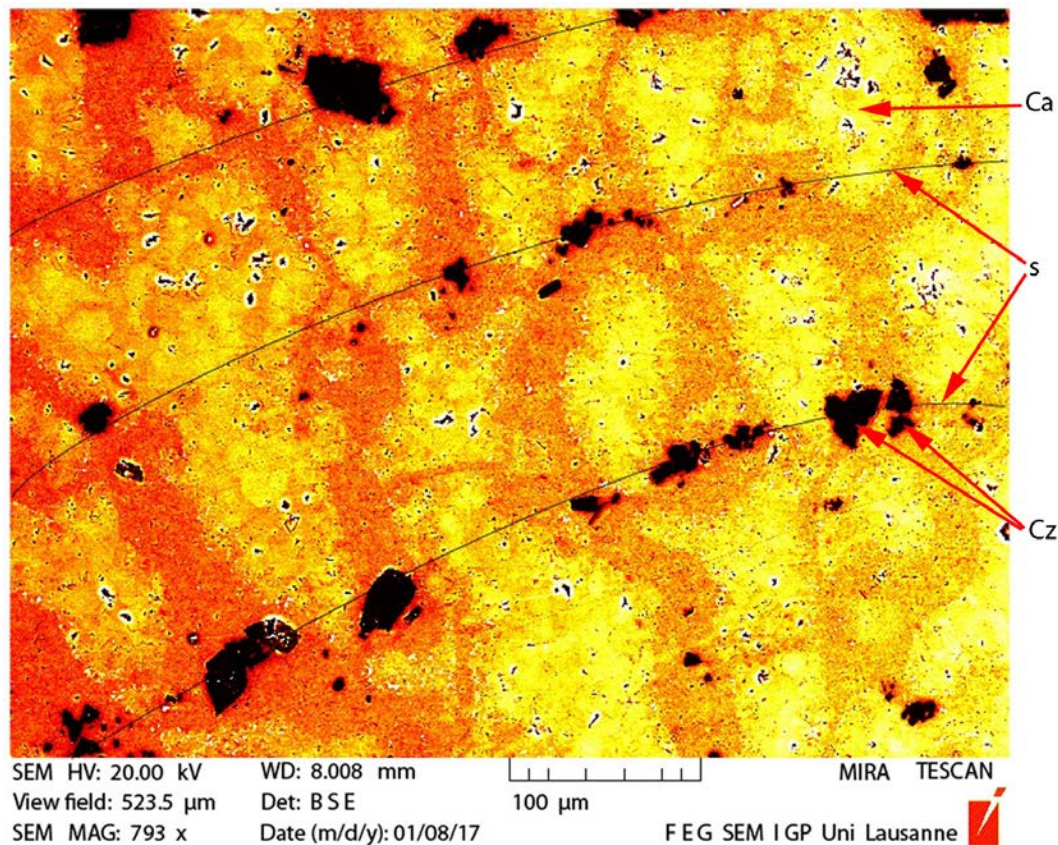
fueron incluidos en la estructura de la concha por el mismo organismo (opción que creemos que es correcta), o bien tienen un origen secundario (se formaron por procesos diagénéticos).

También se tomaron imágenes mediante el detector de electrones dispersados (BEI, Fig. 9), que mostraron la diferencia de peso atómico entre los elementos que forman la estructura interna del fósil. El color amarillo muestra la presencia de calcita cementada, formada durante la diagénesis. En color naranja se resaltan las estructuras internas primarias del organismo (septo y endoesqueleto), también formados por calcita criptocristalina. El color negro representa materiales no carbonáticos, principalmente granos de cuarzo y alguno de albita.

Se realizaron también análisis con el detector de energía dispersiva (EDS). Se realizó un análisis de elementos mayores sobre una

**Figura 8.** Fotografía de *Orbitolina cf texana* de Grecia (Peloponeso) observada con el microscopio electrónico. El relieve se produce debido a los granos de cuarzo que no se disolvieron al atacarlos con el ácido clorhídrico al 1%.





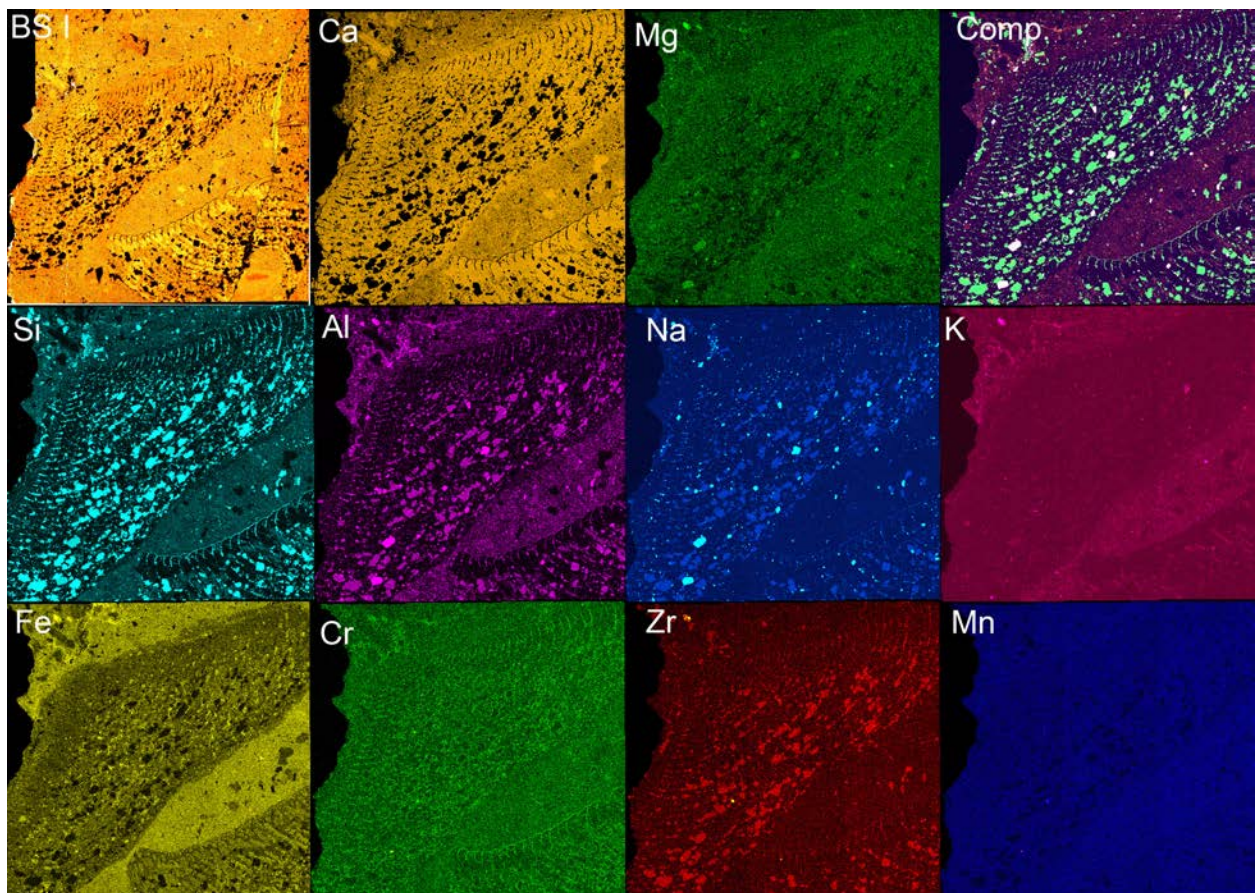
**Figura 9.** Fotografía de una parte de un Orbitolinido captado con el microscopio electrónico utilizando el Backscattered Electron Image (BEI). Ca: camarilla; Cz: cuarzo; s: septo.

sección pulida 5x5 mm utilizando una malla de 500x500 puntos. Con los datos obtenidos para cada punto, se crearon mapas de proporciones elementales en los que se representaron la proporción de cada elemento en cada punto. Estos mapas (originariamente en escala de grises) fueron tratados con AdobePhotoshop y coloreados, escogiéndose para cada elemento un color arbitrario (Fig. 10). Las imágenes resultantes de este análisis permiten observar que el esqueleto de *O. cf texana* estaba formado mayormente por Sílice (Si) y Aluminio (Al), y en menor proporción por Calcio (Ca) y Sodio (Na). Los elementos Magnesio (Mg), Potasio (K), Hierro (Fe), Cromo (Cr), Zirconio (Zr) y Manganeso (Mn) son extremadamente raros en las muestras de estudio. Una de

las fotografías ("Comp", en Fig. 10) presenta la combinación de todas las imágenes.

Mediante las técnicas de catodoluminiscencia, se realizaron numerosas fotografías de varios foraminíferos cónicos. En ellas se observa la pared del organismo, delgada y bien definida (Fig. 11 A-D): la parte naranja oscura es parte del exoesqueleto del organismo (calcita criptocristalina), mientras que la parte naranja clara (cemento de calcita) corresponde al lumen de la cámara. En negro se observan elementos opacos indeterminados (Fig. 11 A y B) o granos de cuarzo (Fig. 11 C y D)

En algunos organismos se puede ver el borde del lumen recubierto por cristales



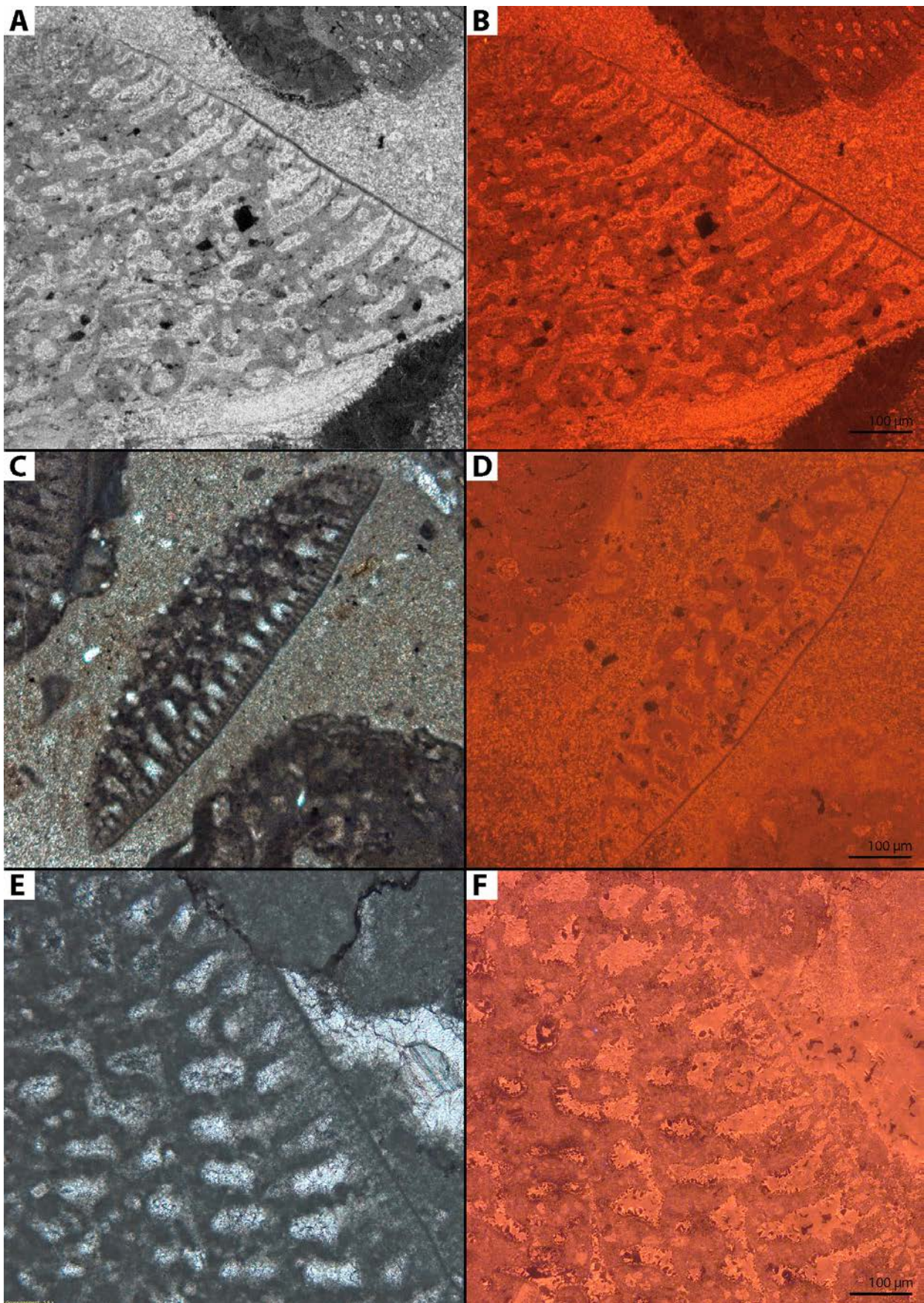
**Figura 10.** Imágenes obtenidas mediante el detector de energía dispersiva (EDS) y coloreadas artificialmente para cada elemento. Nótese la gran abundancia de cuarzo (Si) y feldespatos (Al). "Comp" representa la combinación de todas las imágenes.

de calcita de tamaño muy fino y morfología "dog-tooth" (Fig. 11 E y F). La coloración oscura de estos cristales en catodoluminiscencia es indicativa de que presenta manganeso. El resto del lumen de las cámaras está ocluido por cristales de calcita pobre en manganeso de tamaño fino a medio y con textura mosaico. Esta presenta una coloración más clara.

Esta técnica no ha aportado resultados concluyentes para esclarecer el tipo de crecimiento de la concha de los foraminíferos cónicos, aunque puede resultar muy útil para determinar los procesos diagenéticos que han afectado las rocas que contienen estos organismos. Este tema se escapa de los objetivos de esta tesis.

## 2.4. REDACCIÓN DE LA MEMORIA

Finalmente se ha redactado la presente memoria, en la que se describen los resultados obtenidos. Estos resultados corresponden, según los objetivos propuestos, a dos escalas distintas. Por un lado, los resultados alcanzados en el conocimiento general de los orbitolinoideos, su identificación y clasificación. Por otro lado, y a una escala más local, los avances en el conocimiento de los orbitolinoideos y fauna asociada, del Cretácico de dos áreas de la Península Italiana (Apeninos centrales y meridionales, respectivamente). Parte de estos resultados se resumen en Cruz-Abad et al. (2017a) y Cruz-Abad et al. (2017b).



**Figura 11.** A, C, E: fotografías con el microscopio óptico de una sección axial de una *Orbitolina* cf. *texana*. B, D, F: fotografías de los mismos organismos y en la misma posición con la catodoluminiscencia.

# 3

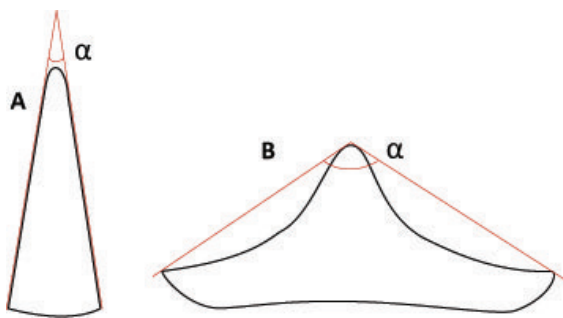
## ORBITOLINOIDEOS: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

**SE DESCRIBEN** a continuación las principales características que definen los orbitolinoideos, utilizadas para la identificación de los géneros y especies. Para la terminología, siempre que ha sido posible, se ha utilizado el glosario ilustrado de Hottinger (2006).

### 3.1. TAMAÑO Y MORFOLOGÍA EXTERNA

El tamaño de sus conchas puede variar de pocos milímetros a más de 1 centímetro. Son foraminíferos de morfología cónica, cuyo eje está limitado por el ápex en su parte superior y la base en el extremo opuesto. La amplitud del cono está determinada por la abertura del ángulo apical ( $\alpha$  en la Fig. 12); este ángulo puede variar de agudo (relativamente cerrado) a obtuso (muy abierto), lo que genera conchas que varían de cilindro-cónicas (Fig. 12A) a cónico-discoidales (Fig. 12B).

En general, las formas de pequeño tamaño son cilindro-cónicas o cónicas, mientras las de gran tamaño son cónicas, relativamente planas y tienden a convertirse en discoida-

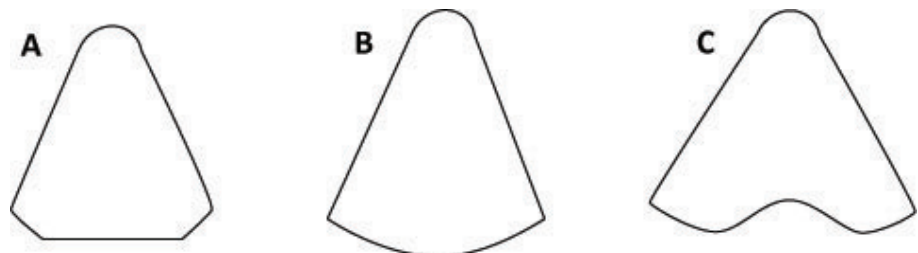


**Figura 12.** Morfología general de los orbitolinoideos. A: cilindro-cónica. B: cónico-discoidal. C: ángulo de abertura.

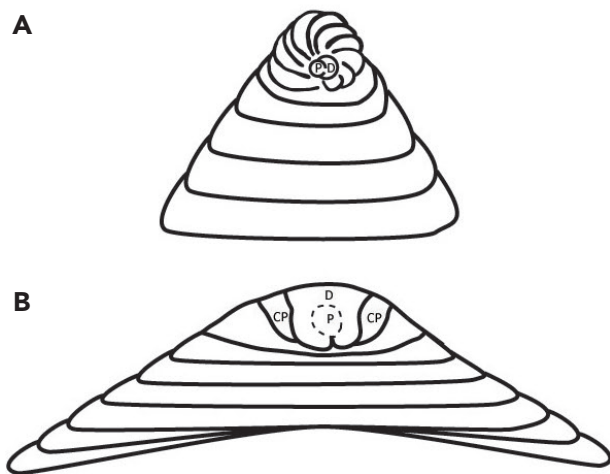
les. La base del cono, que puede ser plana, cóncava o convexa (Fig. 13), está surcada por numerosas aberturas, que se distribuyen distintamente según los grupos de taxones, y constituye, en cada estadio de crecimiento, la cara apertural. A diferencia de lo sugerido por Hofker (1963), la posición de vida aceptada por la mayoría de los autores para los orbitolinoideos sitúa la base del cono (cara apertural) en contacto con el sustrato.

### 3.2. CRECIMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LAS CÁMARAS

En su inicio, las cámaras juveniles que siguen al embrión presentan diferencias según sean producto de la reproducción sexual (generación microsférica, forma B) o asexual (generación macrosférica, forma A). El prolóculo microsférico, de pequeño tamaño y esférico, está formado por una protoconcha simple y le sigue un conjunto de cámaras juveniles con una clara disposición espiral. En las formas macrosféricas el embrión puede ser simple, es decir, formado por una protoconcha, una deuterconcha y seguido de un crecimiento espiral, más o menos excéntrico de las cámaras juveniles (Fig. 14A). O un embrión complejo, situado en posición apical, formado por protoconcha y deuterconcha, la cual puede presentar elementos exoesqueléti-



**Figura 13.** Morfología de la base del cono. A: plana. B: cóncava. C: convexa.



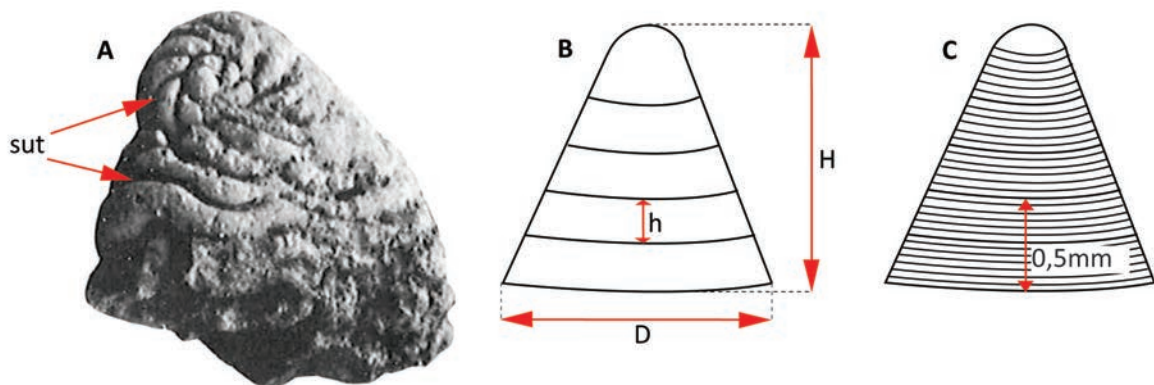
**Figura 14.** Crecimiento de los orbitolinoideos en formas macrosféricas. **A:** cámara embrionaria simple e inicio planispiral. **B:** aparato embrionario complejo y en posición apical. Se puede observar la disposición anular de las cámaras en los últimos estadios de crecimiento. **CP:** cámaras peri-embrionarias; **D:** deuterococoncha; **P:** protoconcha.

cos, rodeadas por cámaras peri o sub-embrionarias (Fig. 14B). Si estas cámaras están situadas en la parte lateral del conjunto protoconcha y deuterococoncha, forman una cámara anular (cámaras periembrionarias); mientras que si se disponen en la parte la-

teral e inferior se llaman cámaras subembrionarias.

La morfología cónica que caracteriza a estos foraminíferos en su estado adulto, se alcanza por la superposición de sucesivos discos (disposición uniseriada de las cámaras) que aumentan gradualmente de tamaño. En algunos morfotipos las últimas cámaras pueden ser anulares (Fig. 14B). El número de cámaras, tanto juveniles como adultas, varía según los taxones aunque la parte adulta (uniseriada) es siempre la más desarrollada.

En la formación de una nueva cámara, la cara apertural pasa a convertirse en septo. En las conchas bien conservadas, las suturas de estos septos pueden formar depresiones más o menos marcadas, las cuales se observan desde el exterior (Fig. 15A). Para clasificar los organismos a nivel supraespecífico, se usa principalmente la presencia de los elementos estructurales (exoesqueleto, endoesqueleto, disposición de las cámaras, características del aparato embrionario,...). Para describir cada especie se utilizan diferentes medidas tomadas en



**Figura 15.** **A:** vista externa de *Falsurgonina pileola* donde se observan las suturas. **B:** medidas consideradas en la determinación específica de los foraminíferos orbitolinoideos. **C:** número de cámaras por 0,5 mm medidos en sección axial. **D:** diámetro máximo de la concha; **H:** altura total (máxima) de la concha; **h:** altura de la cámara; **sut:** sutura. Fotografía y dibujos sin escala. Fotografía A extraída de Arnaud-Vanneau (1980).



sección axial, como el ángulo apical ( $\alpha$  en Fig. 12), altura de la concha (H en Fig. 15B), diámetro de la concha (D en Fig. 15B), número de cámaras adultas en los últimos 0,5 o 1 milímetro (Fig. 15C), el número de cámaras espirales en los primeros estadios de crecimiento (Fig. 14A) o el diámetro máximo de la protoconcha y deuterconcha (Fig. 14).

### 3.3. SECCIONES ORIENTADAS

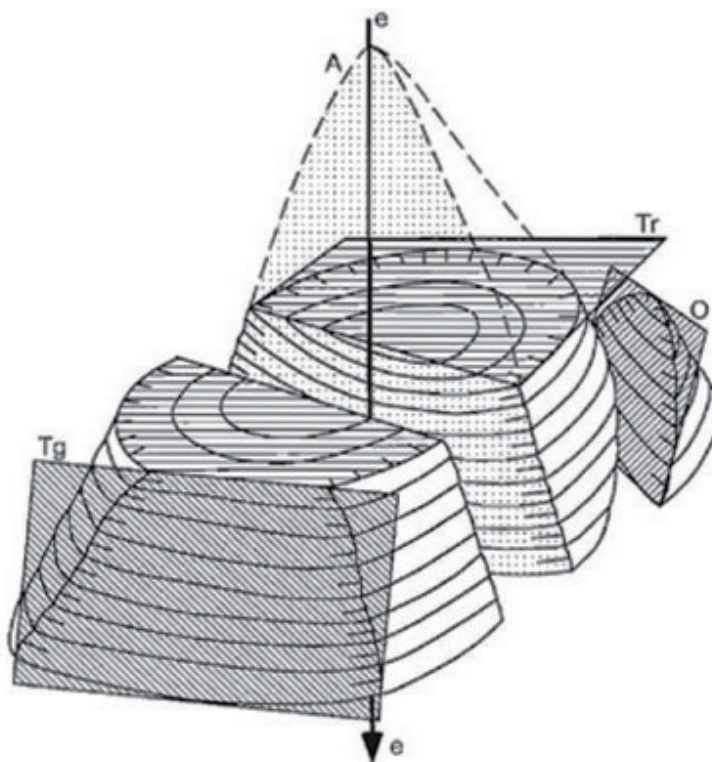
Para el estudio de los orbitolinoideos deben considerarse las siguientes secciones (Fig. 16):

**Sección axial (A).** Sección que divide la concha en dos partes iguales pasando por el ápex del cono. Contiene el eje de enrollamiento, que coincide con el eje de crecimiento de la concha del foraminífero. La sección axial permite apreciar la máxima altura y diámetro del cono y el número de

estadios de crecimiento. También permite identificar la presencia y disposición de exoesqueleto (vigüecillas), endoesqueleto y forámenes.

**Sección transversa (Tr).** Cualquier sección perpendicular a la sección axial es una sección transversa. Se denomina también horizontal o radial por su posición respecto al eje de crecimiento del cono. Las sucesivas secciones transversas permiten obtener datos sobre los distintos pasos de crecimiento, desde las primeras cámaras hasta las últimas. El diámetro de cada sección transversa depende del estadio de crecimiento considerado. Permiten determinar la presencia y el número de particiones radiales del exoesqueleto (vigas), tipo y disposición del endoesqueleto y forámenes. La comparación de estas estructuras en los diferentes taxones, tiene que llevarse a cabo en la misma etapa de crecimiento para sacar conclusiones válidas.

**Figura 16.** Esquema mostrando las secciones utilizadas en el estudio de las conchas de los orbitolinoideos. **A:** sección axial; **e:** eje de crecimiento; **O:** sección oblicua; **Tg:** sección tangencial; **Tr:** sección transversa. Extraído de Hottinger y Drobne (1980).



**Sección tangencial (Tg).** Son secciones paralelas a la superficie externa del cono (*cone mantel* en Hottinger y Drobne, 1980). Son necesarias para identificar el tipo de estructuras exoesqueléticas (sobre todo la presencia de viguecillas), endoesqueleto y forámenes.

**Sección oblicua (O).** Secciones que cortan el cono oblicuamente según distintos ángulos. Son las secciones más difíciles de interpretar.

### 3.4. TEXTURA DE LA CONCHA

La concha de los orbitolinoideos es de naturaleza aglutinada. El foraminífero capta a través de los pseudópodos granos del medio en que vive, de manera aleatoria o bien seleccionada en función de su composición química, tamaño y/o forma. Estos granos son transportados hasta el lugar donde se formará la nueva cámara y son cementados por una sustancia orgánica generada por la propia célula en la vesícula de Golgi. La textura de la pared externa, (parte exterior del cono) puede presentar ciertas diferencias en su composición y disposición de los granos con respecto a la cara apertural.

En este trabajo proponemos tres tipos texturales principales de pared externa para los orbitolinoideos:

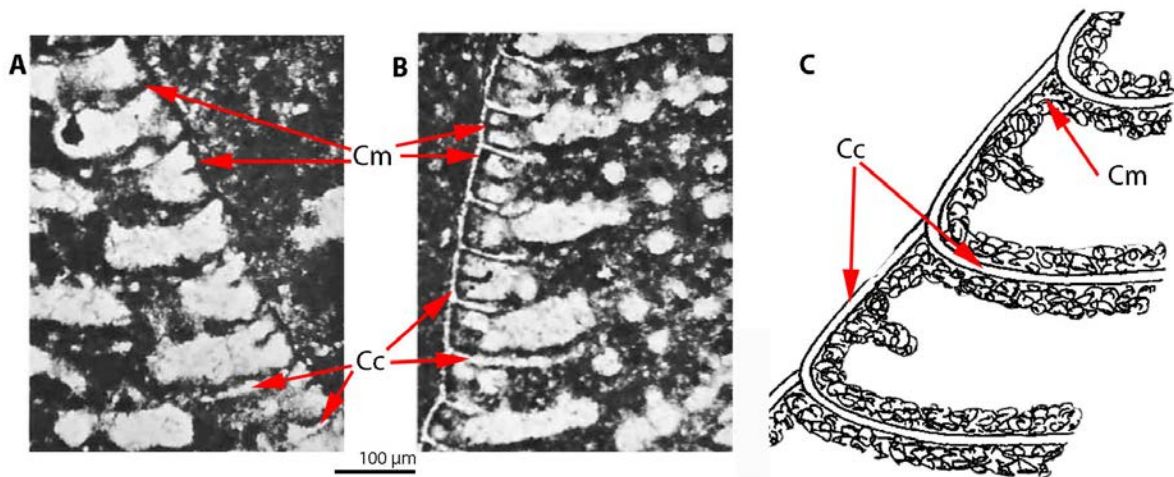
a) Textura tipo *Orbitolina* (Fig. 17-19)

La pared externa está formada por dos capas diferenciadas: la externa o epidermis y la interna, que forma las estructuras exoesqueléticas de las cámaras. El término epidermis fue definido por Henson (1948) como la parte más externa de la pared lateral de la concha de los orbitolinidos y ha sido utilizado frecuentemente en los fora-

miníferos aglutinados del Mesozoico (véase Hottinger, 1967; 2006).

Desde el inicio de los estudios de los foraminíferos aglutinados cónicos, la composición y mineralogía de su concha fue motivo de controversia. Henson (1948) indicó "una concha imperforada compuesta de calcita cristalina microgranular. Según este autor, la concha no sería esencialmente aglutinada, aunque incorporaría granos detríticos. Douglass (1960) sugirió que la pared de *Orbitolina* estaría formada por dos láminas o capas: la externa constituida por calcita "clara" con una cantidad variable de granos de sílice que formaría la superficie dorsal (externa) y se prolongaría hacia la superficie ventral de cada septo (Fig. 17 A y B); la lámina o capa interna estaría compuesta por calcita granular con abundante materia orgánica que tapizaría la superficie interna del septo extendiéndose para formar los elementos exoesqueléticos y endoesqueléticos de la concha (Fig. 17 A y B). Hofker (1963), siguiendo a Douglass (1960), consideró también dos capas, una capa de naturaleza calcítica y una capa microgranular, a menudo opaca (Fig. 17C). Esta idea de Hofker y Douglass ha sido seguida por la mayoría de autores posteriores.

Recientemente, Frijia et al. (2012) analizaron la composición de la concha de especímenes de *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *texana* procedentes de depósitos carbonatados del sur de Italia combinando técnicas petrográficas (microscopio óptico y microscopio electrónico) con Espectrometría de Dispersión de Energía de Rayos X (EDS), Microsonda Electrónica de Barrido (EPMA), Espectroscopía Raman y Difracción de Rayos X (XRD). Estos autores indicaron la presencia en la zona marginal de la concha (epidermis y septo), de granos alargados y planos de cuarzo y, en me-



**Figura 17.** A, B: pared externa y parte distal del septo en sección axial de dos especies de *Orbitolina*; A: *Orbitolina minuta*, donde se observan las capas externa e interna; B: *Orbitolina parva*, donde se observa la capa interna. C: Esquema de la pared tipo *Orbitolina*. Cc: capa calcítica; Cm: capa microgranular. Fotografías extraídas de Douglass (1960). Esquema extraído de Hofker (1963). Fotografías x100.

nor cantidad, de ilita/moscovita y feldespato potásico. En la zona central, observaron grandes granos de cuarzo dispuestos aleatoriamente dentro de un mosaico de pequeños granos carbonáticos.

En la realización del presente trabajo, se ha observado que la presencia de epidermis está siempre asociada a la formación de un exoesqueleto reticular sub-epidérmico (vigas y viguecillas, Fig. 18).

La interpretación de las imágenes de los análisis realizados en esta tesis mediante Microscopía electrónica de barrido SEM-EDX y Catodoluminiscencia (para más detalle sobre estas técnicas ver el Capítulo II) con material de *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) cf. *texana* procedente de Grecia ha permitido realizar en la concha de estos foraminíferos las siguientes observaciones:

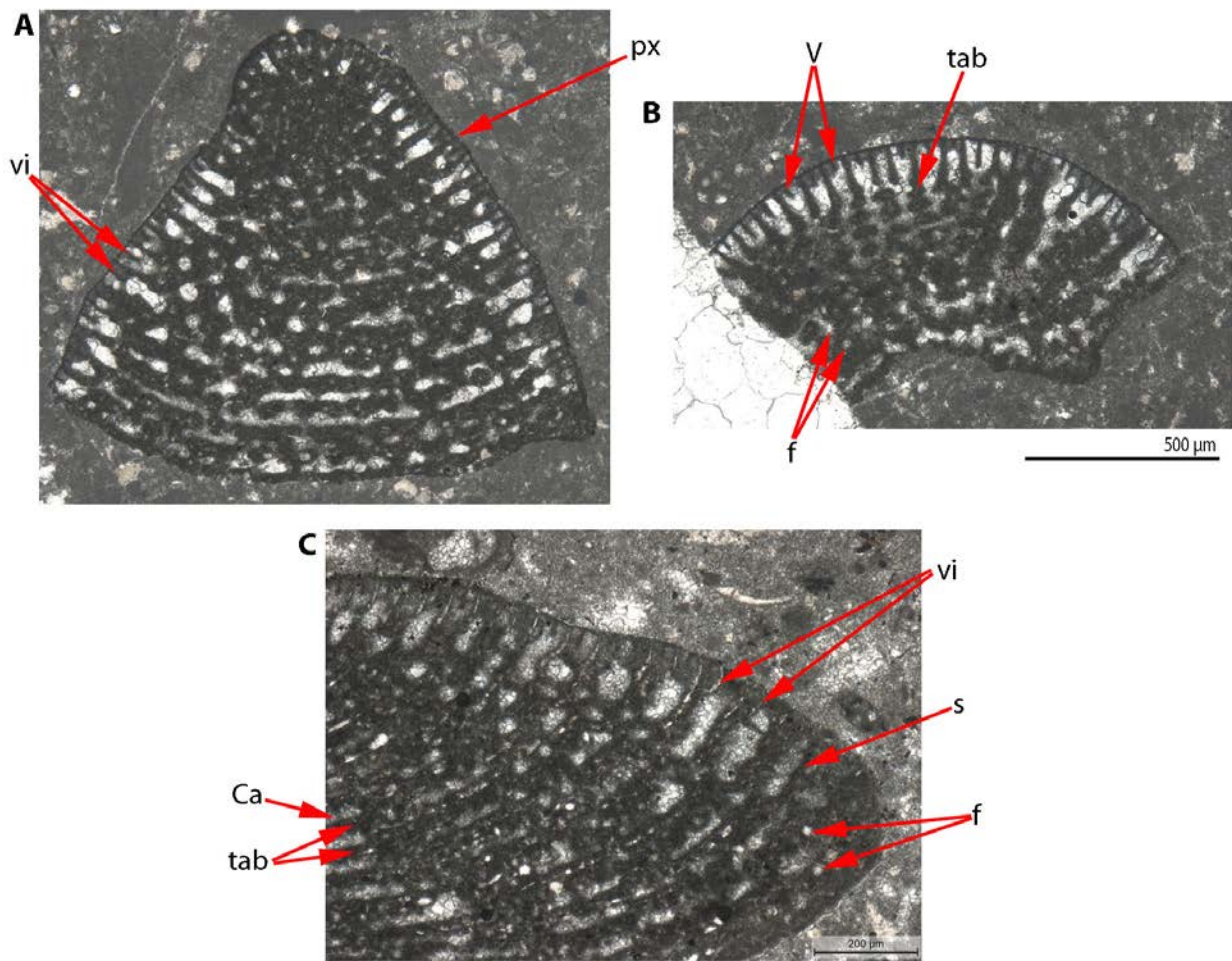
(A) Presencia de una capa externa fina y de aspecto translucido, considerada equivalente a la epidermis de Henson (1948) y for-

mada por granos relativamente homogéneos de cuarzo de pequeño tamaño (entre 2 y 10  $\mu\text{m}$ ). Esta formaría la pared externa (dorsal) y la parte marginal del septo donde no hay aberturas (Fig. 19).

(B) Presencia de una capa formada por granos carbonáticos de tamaño micrita que da lugar a los elementos exoesqueléticos (vigas y viguecillas).

(C) Concentración de granos no carbonatados de gran tamaño (hasta 80  $\mu\text{m}$ ) en el interior de la concha (septos). Estos son mayormente de cuarzo y puntualmente de feldespato sódico (Fig. 19).

Hay dos posibles opciones para explicar la concentración de estos granos de gran tamaño en esta zona. (1) es el propio organismo el que selecciona mediante los pseudópodos estos granos de mayor tamaño para formar la pared de la cara apertural. (2) que sean de origen diagenético y desarrollados a partir de los pequeños granos de cuarzo detrítico que



**Figura 18.** Pared tipo *Orbitolina*. **A:** sección prácticamente axial. **B:** fragmento de sección transversa. **C:** detalle de la pared en una sección subaxial. En todas las secciones puede observarse la presencia de epidermis combinado con un exosqueleto reticular subepidérmico. **Ca:** camarilla; **f:** foramen; **px:** pared externa; **s:** septo; **tab:** tabique; **V:** viga; **vi:** vigucilla. Fotografías A y B a la misma escala.

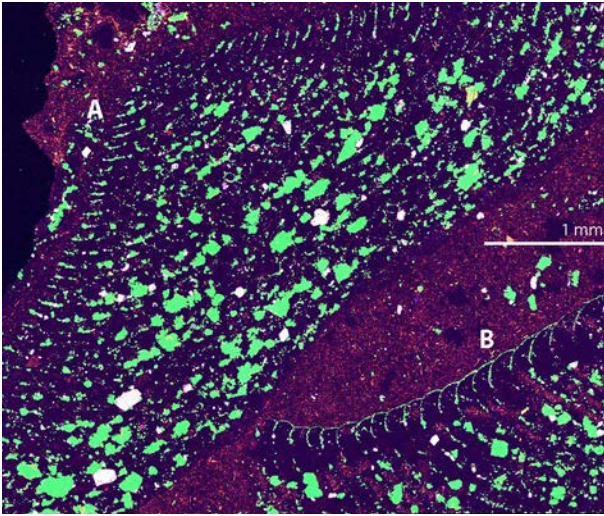
formarían parte del esqueleto y habrían servido como núcleo de crecimiento de estos cristales.

Aunque la segunda opción parece la más coherente, no se puede descartar que sean seleccionados por el propio organismo, y esta cuestión se deja abierta ya que está fuera de los objetivos principales propuestos en esta tesis.

Corresponderían a este tipo de pared, además del género *Orbitolina* (Fig. 18), los géneros *Dictyoconus* y *Alpillina*, entre otros.

b) Textura tipo *Fallotella* (Fig. 20)

La pared está formada por granos aglutinados superpuestos que conforman una pared más gruesa que la de tipo *Orbitolina* y sin ninguna diferenciación en capas. Es la pared más común entre los orbitolinoideos de pequeño tamaño. La presencia de este tipo de pared puede estar asociada a la existencia de exoesqueleto en alcobas o bien carecer de elementos exoesqueléticos. No se ha observado la presencia de exoesqueleto subepidérmico reticular en este tipo de textura de pared. Además de

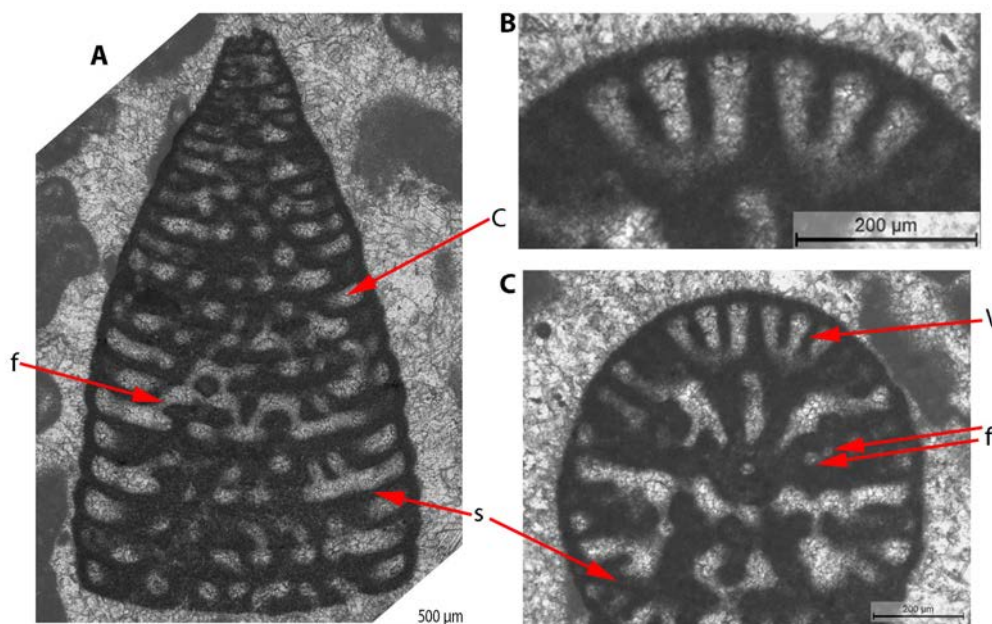


**Figura 19.** Fotografía de dos secciones (A, B) subaxiales de *O. cf. texana* de Grecia obtenida con SEM (microscopio electrónico de barrido), donde se puede apreciar los granos de pequeño tamaño de cuarzo (de color verde) alineados uniformemente en las partes marginales de la concha (epidermis). En el interior de la concha (septos) se observan granos de cuarzo de mayor tamaño (en color verde) y granos de albita (color rosa).

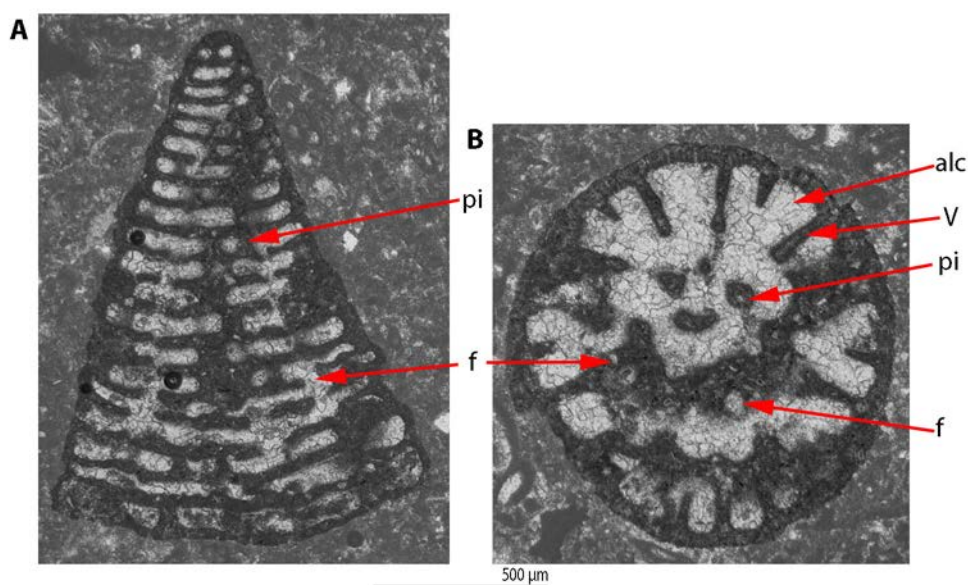
*Fallotella*, es la estructura típica de *Paracoskinolina* y *Calveziconus*.

c) Textura tipo *Lepinoconus* (Fig. 21)

Esta textura presenta una pared de tipo pseudo-keriotecal (Cruz-Abad et al, 2017). Ésta formada por elementos radiales finos y relativamente juntos dispuestos bajo una fina capa epidérmica parecida al tectum de las fusulinas (Hottinger, 2006). Este tipo de pared resulta comparativamente más gruesa que en los tipos *Orbitolina* y *Fallotella*. La textura tipo *Lepinoconus* se da en algunos orbitolinoideos de pequeños tamaño y puede estar asociada a elementos exosqueléticos simples (alcobas) o bien no presentar elementos exoesqueléticos. Ejemplos de esta textura son *Lepinoconus* y *Coleiconus* aunque también se da en grupos no directamente relacionados con los orbitolinoideos como los Crisalidínidos. La presencia de la textura pseu-



**Figura 20.** Pared tipo *Fallotella*. A: sección axial. B: detalle de la pared. C: sección transversal oblicua. C: cámara; f: foramen; s: septo; V: viga.



**Figura 21.** Pared tipo *Lepinoconus*. **A:** sección subaxial. **B:** sección transversal. **alc:** alcoba; **f:** foramen; **pi:** pilar; **V:** viga.

do-keriotecal se ha utilizado en sistemática para separar especies, géneros o incluso unidades de rango superior; sin embargo, el valor sistemático de esta característica deberá ser estudiada en un futuro.

### 3.5. ESTRUCTURAS (INTERNAS) DE LAS CÁMARA: EXOESQUELETO Y ENDOESQUELETO

Las cámaras de los orbitolinoideos presentan, morfológicamente, dos zonas bien diferenciadas, denominadas marginal y central según su posición respecto el eje del cono (Fig. 22A).

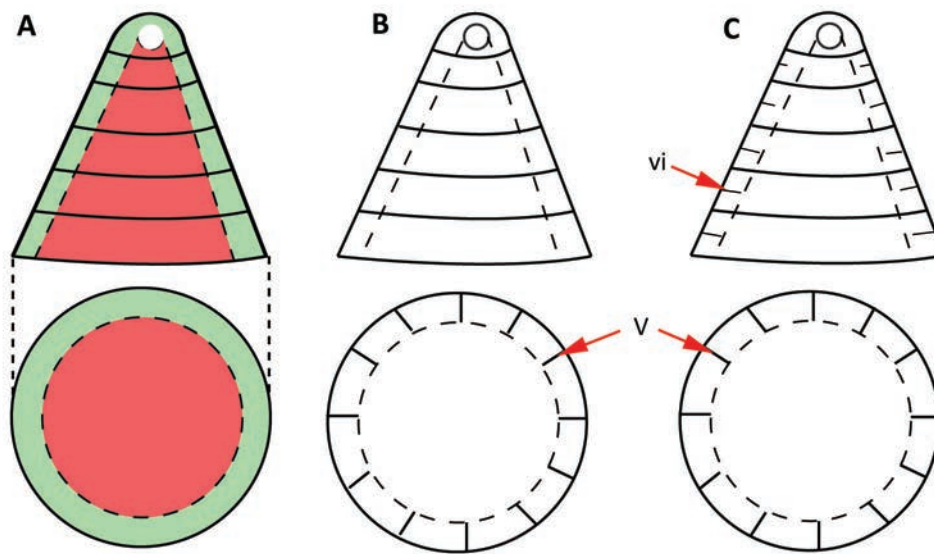
#### 3.5.1. Zona marginal

La zona marginal ocupa la parte más externa del lumen de la cámara y forma un anillo periférico en el que no hay aberturas. Puede estar o no ocupada por elementos exoesqueléticos (Fig. 22 B, C). El término

exoesqueleto fue introducido por Reichel (1937) para designar las estructuras presentes en la superficie interna de la pared que subdividen la zona marginal de la cámara en compartimentos abiertos hacia el interior de la concha. Estos elementos son independientes de las aberturas que condicionan el flujo del protoplasma al exterior.

En los orbitolinoideos, los elementos exoesqueléticos presentan una disposición radial (extendiéndose hacia el centro de la cámara) y pueden ocupar toda la zona marginal o parte de esta. El número de estos elementos y su longitud puede ser variable. Siguiendo a Reichel (1937), Hottinger (1967), Hottinger y Drobne (1980) y Hottinger (2006), estos elementos se denominan **vigas**, si son verticales y perpendiculares a los septos y **vigecillas** si son horizontales y paralelos a los septos. Vigas y vigecillas son, por lo tanto, perpendiculares entre sí.

La observación de los elementos exoesqueléticos puede llevarse a cabo en las di-



**Figura 22.** A: esquema de las secciones axial y transversa de un morfotipo cónico con la posición de las zonas marginal (verde) y central (rosa) en relación al eje del cono. B: esquema de las secciones axial y transversa de un morfotipo con vigas. C: esquema de las secciones axial y transversa de un morfotipo con vigas y viguecillas. Obsérvese que las vigas son únicamente visibles en sección transversa, mientras las viguecillas, si están presentes, solamente se observan en sección axial. s: septo; V: viga; vi: viguecilla.

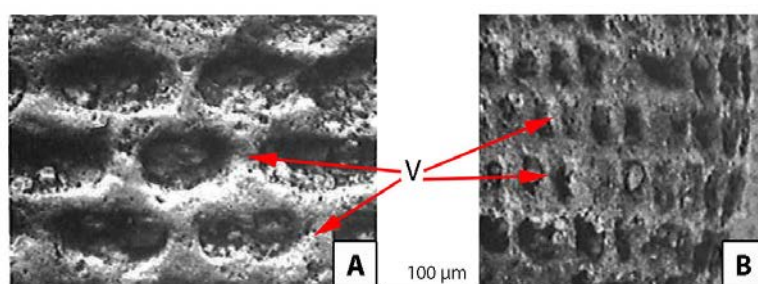
ferentes secciones, aunque en la sección axial solamente se observa la disposición de las viguecillas, mientras que en las secciones transversas se observan las vigas (Fig. 22 B y C). En secciones oblicuas y tangenciales se pueden observar ambos elementos esqueléticos conjuntamente.

La función del exoesqueleto en las formas actuales es alojar entre sus elementos los simbiontes para evitar su desplazamiento debido a la circulación protoplasmática, y aunque los orbitolinoideos no presentan formas actuales, se presupone una función similar.

La utilización de los términos vigas y viguecillas (en inglés *beams* and *rafters*, respectivamente), no ha sido seguida en numerosos trabajos sobre orbitolinoideos (véase capítulo IV). Así, los pioneros en la descripción de las estructuras de los orbitolinoideos utilizaron, para designar los ele-

mentos del exoesqueleto, los términos **divisiones** o **placas** (*plates* en inglés) verticales y horizontales (véase Davies, 1939; Henson, 1948; entre otros). Estos términos son perfectamente homologables a vigas y viguecillas respectivamente y no permiten errores en la transcripción. Sin embargo, otros autores denominan los elementos del exoesqueleto **tabiques** (*septula* en inglés; véase por ejemplo Schroeder, 1975) o *cloisons* y/o *cloisonnettes* (en francés) según sean tabiques de primer orden o de orden menor, respectivamente (terminología empleada por los autores franceses, entre los que cabe destacar Arnaud-Vanneau, 1980). Estos términos pueden llevar a confusión con los elementos del endoesqueleto.

Durante la formación de las sucesivas cámaras, las vigas pueden disponerse alineadas de una cámara a la siguiente o alternadas (Fig. 23).



**Figura 23.** A, B: posición de las vigas que constituyen el exoesqueleto de los orbitolínidos de una cámara a la siguiente. **A:** disposición alterna. **B:** disposición continua. Fotografías de ejemplares erosionados realizadas con el microscopio electrónico de barrido. **V:** viga. Extraído de Arnaud-Vanneau (1980).

Los elementos exoesqueléticos limitan compartimentos llamados **cavidades alveolares** o **alveolos** (*pigeon holes* en Hottinger, 2006) cuando constituyen un conjunto de espacios pequeños poligonales limitados por vigas y vigüecillas. Cuando son compartimentos rectangulares o cuadrangulares relativamente grandes limitados solo por vigas reciben el nombre de **alcobas** (*alcoves* en Hottinger, 2006).

En la bibliografía paleontológica sobre los orbitolinoideos, las cavidades alveolares y alcobas han sido comúnmente denominadas **celdillas** o **camarillas marginales**. Esta nomenclatura lleva a un cierto error de concepción. Estos compartimentos exoesqueléticos no son verdaderas camarillas, ya que no son el resultado de la división del lumen de las cámaras por elementos endoesqueléticos.

La diferente complejidad de la zona marginal permite diferenciar tres tipos principales:

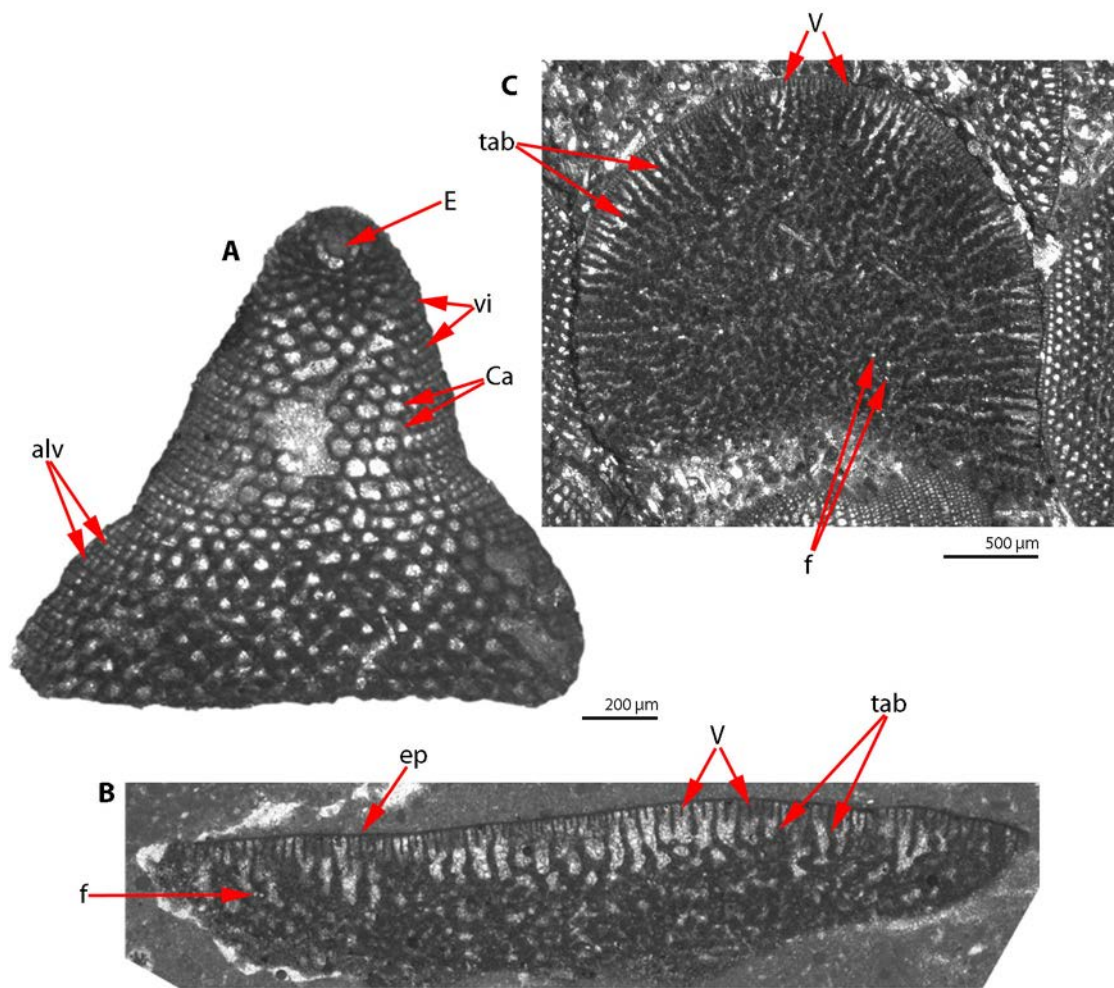
a) Zona marginal con exoesqueleto reticular sub-epidérmico (Fig. 24). Definido por la presencia de vigas y vigüecillas, que producen pequeños compartimentos poligonales (cavidades alveolares o *pigeon holes*

en inglés) cubiertos por la epidermis. En este tipo de exoesqueleto, la ligera erosión de los especímenes permite la observación desde el exterior de los alveolos resultantes de la intersección de ambos elementos exoesqueléticos. Ejemplos de este tipo de exoesqueleto los tenemos en los géneros *Orbitolina*, *Dictyoconus* y *Alpillina*.

b) Zona marginal con exoesqueleto en alcobas (Fig. 25). Exoesqueleto definido por la presencia únicamente de vigas, que puede presentar de manera excepcional incipientes vigüecillas. Este tipo de exoesqueleto carece de epidermis y está asociado a una pared aglutinada más gruesa (tipo *Fallotella* en el apartado anterior) o incluso pseudo-keriotecal (tipo *Lepinoconus*). Los compartimentos son generalmente rectangulares (alcobas), aunque, si presenta vigüecillas, pueden formar pequeños alveolos regulares. Ejemplos de este tipo de exoesqueleto son los géneros *Fallotella*, *Paracoskinolina* y *Lepinoconus*.

c) Zona marginal sin exoesqueleto (Fig. 26). La cámara no presenta ningún tipo de estructura exoesquelética que divida su lumen en la zona marginal. Ejemplo de morfotipo sin exoesqueleto lo constituye el género *Coskinolina*. Estos morfotipos ca-





**Figura 24.** A: sección subaxial de una *Orbitolina* donde puede apreciarse los alveolos formados por la intersección de vigas y viguecillas que dan origen al exoesqueleto reticular sub-epidérmico. B: sección transversa oblicua. C: sección transversa. alv: alveolo; E: embrión; ep: epidermis; f: foramen; tab: tabique; V: viga; vi: viguecilla. Figuras A y B x50; figura C x25.

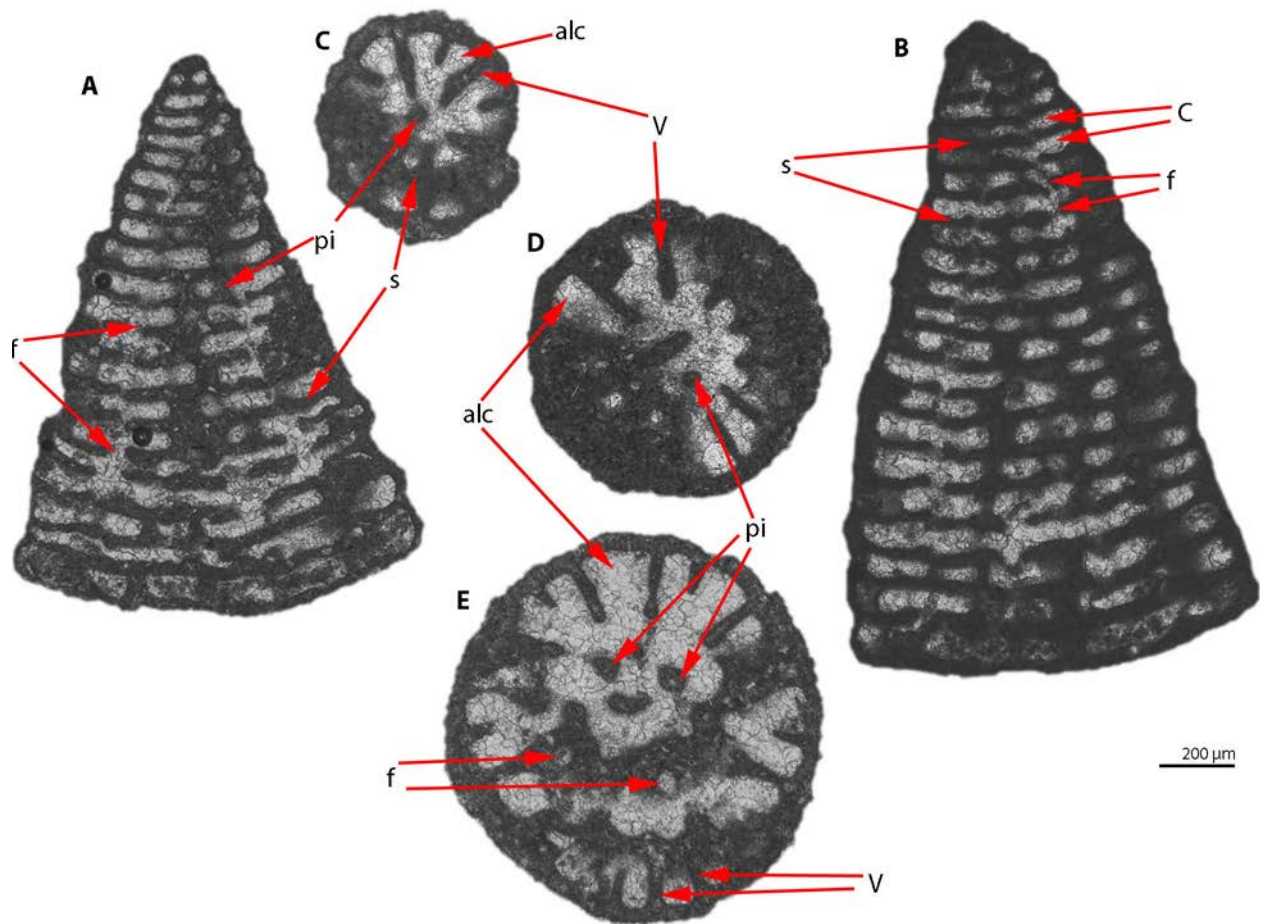
rentes de exoesqueleto están asociados con una pared gruesa o pseudo-keriotecal.

### 3.5.2. Zona central

La zona central se sitúa a continuación de la zona marginal hacia el centro de la cámara y forma su parte más interna. En esta zona se localizan las estructuras endoesqueléticas de la cámara y los forámenes, que condicionan la circulación del protoplasma a través de las cámaras. El término endoesqueleto fue introducido por Douvillé

(1906). Reichel (1937) lo contrapuso al término exoesqueleto para designar los elementos que subdividen el interior de la cámara y están relacionados con las aberturas por donde las corrientes protoplasmáticas entran en contacto con el exterior. Los elementos endoesqueléticos pueden observarse en secciones axiales, transversas u oblicuas.

Las estructuras endoesqueléticas responden a tres tipos morfológicos principales: **tabiques**, **pilares** y **cúpulas**, o modificaciones de alguna de ellas. (Fig. 27).

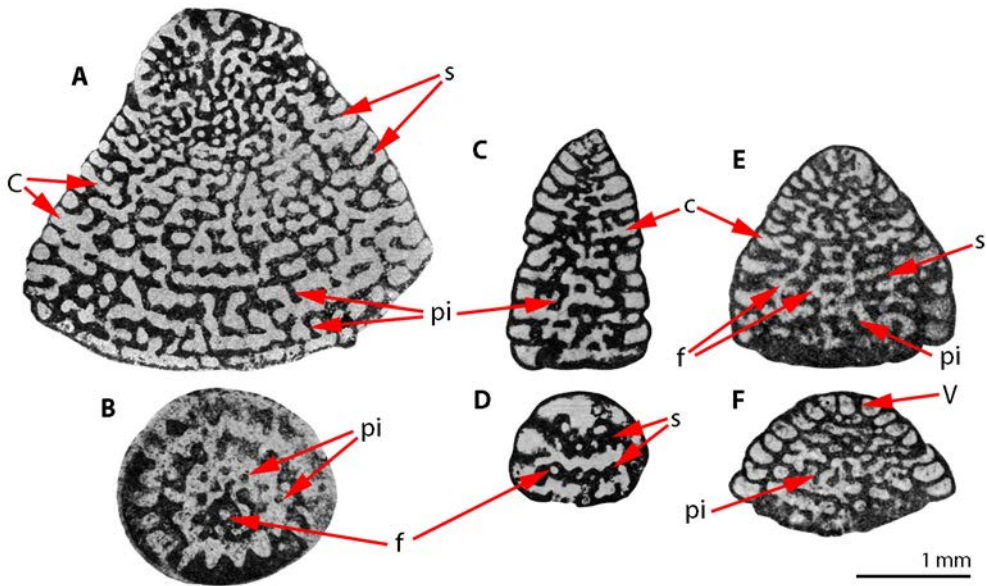


**Figura 25.** Ejemplo de varias secciones de un exoesqueleto en alcobas. *Lepinoconus chiocchini*. A, B: secciones subaxiales. C-E: secciones transversas en diferentes estadios de crecimiento. alc: alcoba; C: cámara; f: foramen; pi: pilar; s: septo; V: viga. Extraído de Cruz-Abad et al. (2017b).

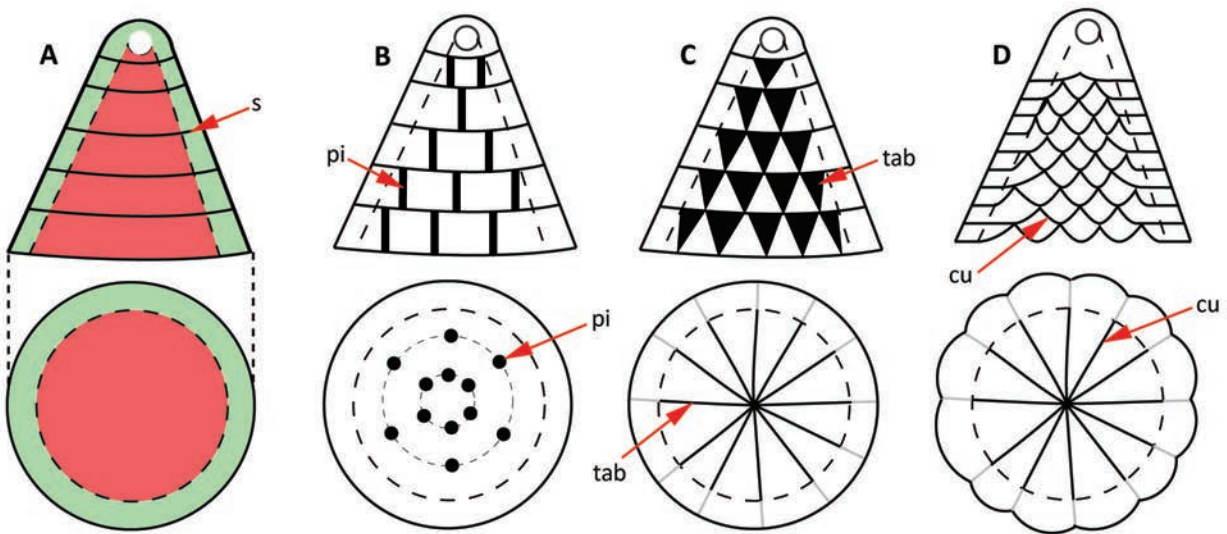
a) **Tabiques** (*septulum/septula* en inglés; *cloisonnetes* en francés; para más información véase Hottinger, 2006). Son estructuras endoesqueléticas radiales desarrolladas en continuidad de las estructuras exoesqueléticas principales (vigas), que se prolongan hasta el centro de la cámara creando camarillas (Fig. 28, 29). Esta continuidad puede producir una cierta confusión al designarlos como parte del exoesqueleto o endoesqueleto. Según Hottinger (2006) todos los elementos del interior de la cámara relacionados con las aberturas deben ser considerados endoesqueleto. Este autor establece la estructura orbitoliniforme (or-

*bitolinid structure*) como formada por elementos exoesqueléticos y endoesqueléticos en continuidad.

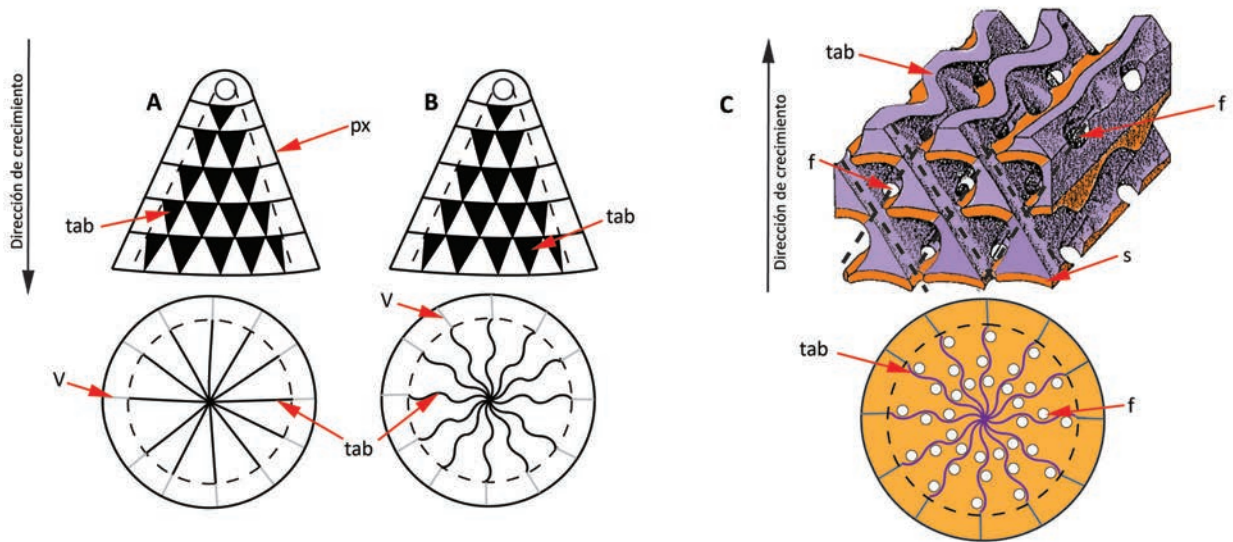
Frecuentemente, los tabiques son más anchos en la base que en el techo, adquiriendo forma triangular con el ápex del triángulo dirigido hacia el techo de la cámara (cara apertural). Los tabiques dividen las cámaras en camarillas, cuyo número y tamaño varía según los taxones. El término **camarilla** (en inglés *chamberlet*) corresponde a todos los compartimentos en que queda dividida una cámara, formados en un único paso de crecimiento. Los tabi-



**Figura 26.** A, B: *Coskinolina (Coskinolina) liburnica*. A: sección subaxial. Se puede observar la ausencia de exoesqueleto en la zona marginal y la presencia de pilares en la zona central. Los pilares de la espira inicial están cortados ligeramente oblicuos. B: sección transversa ligeramente oblicua, se pueden ver las secciones de los pilares en su zona central. C, D: *Coskinolina (Coskinon) rajkae*. C: sección axial de una forma de pequeño tamaño con los pilares en su zona central. D: sección transversa oblicua que corta dos septos sucesivos. E, F: *Coskinolina (Coleiconus) elongata*. E: sección subaxial donde se aprecian los septos, los pilares y los forámenes. F: sección tangencial donde se aprecia la separación entre la zona marginal con exoesqueleto y la zona central con endoesqueleto. c: cámara; f: foramen; pi: pilar; s: septo; V: viga. Extraído de Hottinger y Drobne (1980).



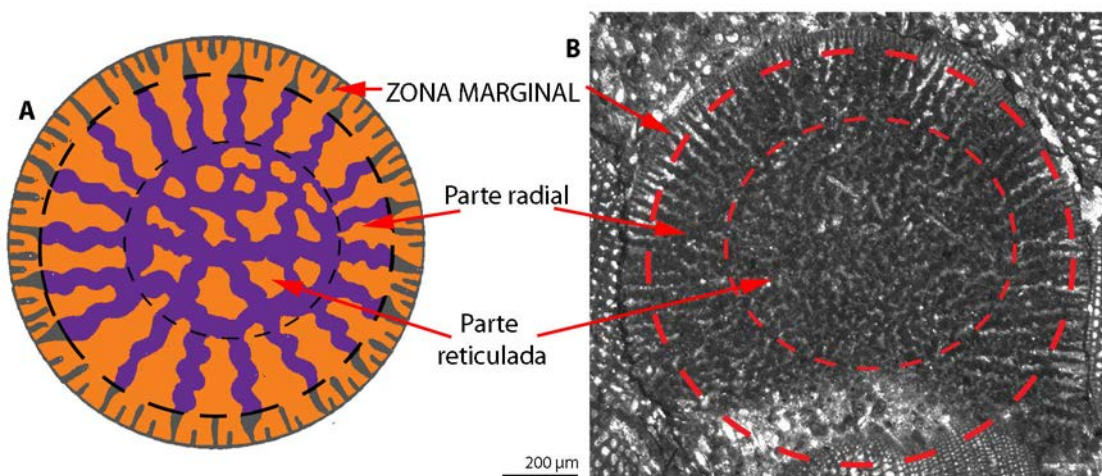
**Figura 27.** A: esquema de la zona marginal (verde) y central (rosa) en sección axial y transversa. La línea de trazos indica el límite entre la zona marginal y central. B-D: esquemas de morfotipos con endoesqueleto. B: con pilares. C: con tabiques. D: con cúpulas. cu: cúpula; pi: pilar; s: septo; tab: tabique.



**Figura 28.** A: morfotipo con los tabiques rectilíneos. B: morfotipo con tabiques ondulados zigzagueantes. C: esquema de la individualización de camarillas en tres pasos de crecimiento sucesivos, con la posición de los tabiques y las aberturas (foramina). f: foramen; px: pared externa; s: septo; tab: tabique; V: viga. C modificado de Hottinger y Drobne (1980).

ques pueden ser rectilíneos o zigzagueantes (Fig. 28 A y B). En este último caso, el tabique se ondula en la base, mientras hacia el techo esta ondulación adquiere una dirección opuesta (Fig. 28C).

Cuando el interior de la cámara está dividida por tabiques, en esta zona pueden llegar a diferenciarse dos partes: una parte radial formada con el conjunto de tabiques dispuestos radialmente, y una parte reticu-



**Figura 29.** A: esquema de la estructura de las zonas marginal, radial y reticular. B: ejemplo de sección transversa de *Orbitolina*. Se puede observar las zona marginal y la zona central formada por una parte radial y una reticulada. Esquema modificado de Arnaud-Vaneau (1980).

lada formada por la unión de los tabiques que forman un retículo más o menos regular (Fig. 29)

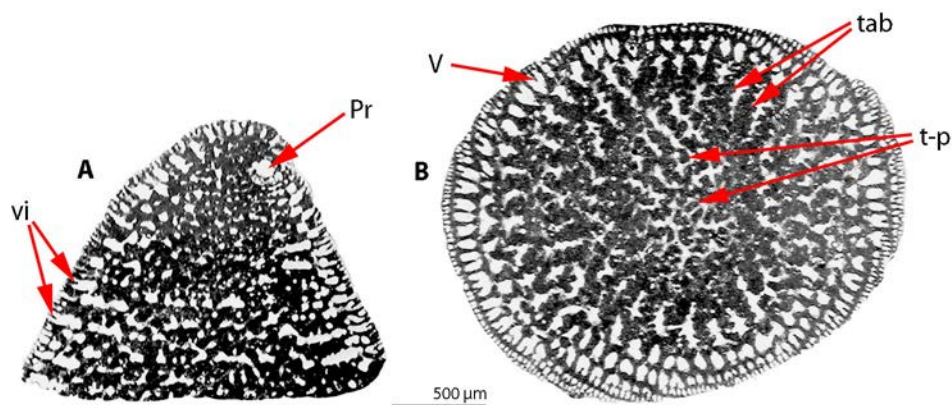
Una modificación de esta morfología la presenta el taxón *Paleodictyoconus actinostoma* mostrando en la parte reticular una división incompleta de los tabiques que da lugar a tabiques-pilares (Arnaud-Vanneau, 1980). (Fig. 30B).

**b) Pilares** (en inglés *pillar*). Son estructuras en forma de pilar o columna que se extienden desde la base al techo de la cámara y son paralelos al flujo del protoplasma. A diferencia de los orbitolinoideos con tabiques, las formas con pilares mantienen bien diferenciados los elementos del exosqueleto y endoesqueleto (no hay continuidad). Los pilares pueden ser cilíndricos o presentar engrosamientos en la base y/o el techo (Fig. 31A). Los pilares pueden ser alternantes o alineados de una cámara a la siguiente. Estos pueden reunirse entre sí, tanto en la base como en el techo de la cámara, dando estructuras irregulares denominadas **pilaroides**. Los pilares incompletos (no llegan al techo de las cámaras) se denominan **hemipilares**.

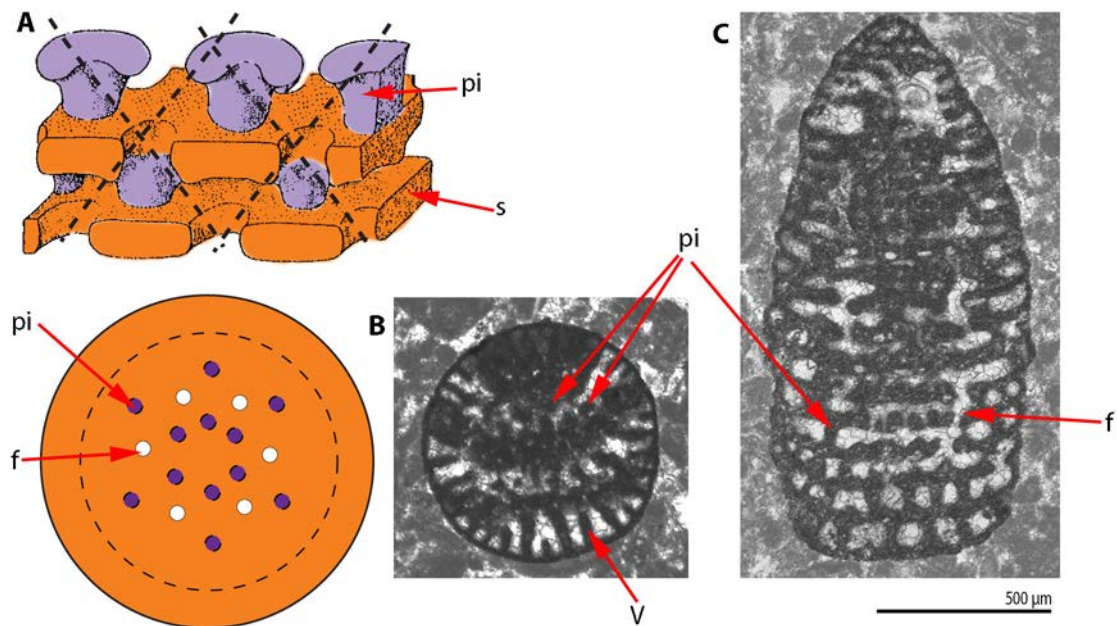
**c) Cúpulas** (en inglés *cupule*). La compartimentación de las cámaras en camarillas mediante una invaginación del septo, que abarca desde la periferia hasta el centro del cono, recibe el nombre cúpulas, debido a la morfología más o menos hemisférica de las camarillas resultantes (Fig. 32 A y B). El plegamiento parcial de las paredes septales, de la base al techo, individualiza camarillas, de manera análoga a los tabiques. Un ejemplo de endoesqueleto en cúpulas es el género *Orbitolinopsis*. En algunos taxones la invaginación del septo no es completa, lo que no da lugar a la formación de camarillas aun cuando el septo presenta invaginaciones. Este sería, probablemente, el caso de *Falsurgonina* (Capítulo IV).

### 3.6. ABERTURAS, FORÁMENES Y ESTOLONES

Los orbitolinoideos presentan múltiples aberturas, redondeadas o elípticas, distribuidas en la base del cono (Fig. 33). Ocupan únicamente la zona central, aunque puede haber aberturas en el límite entre la



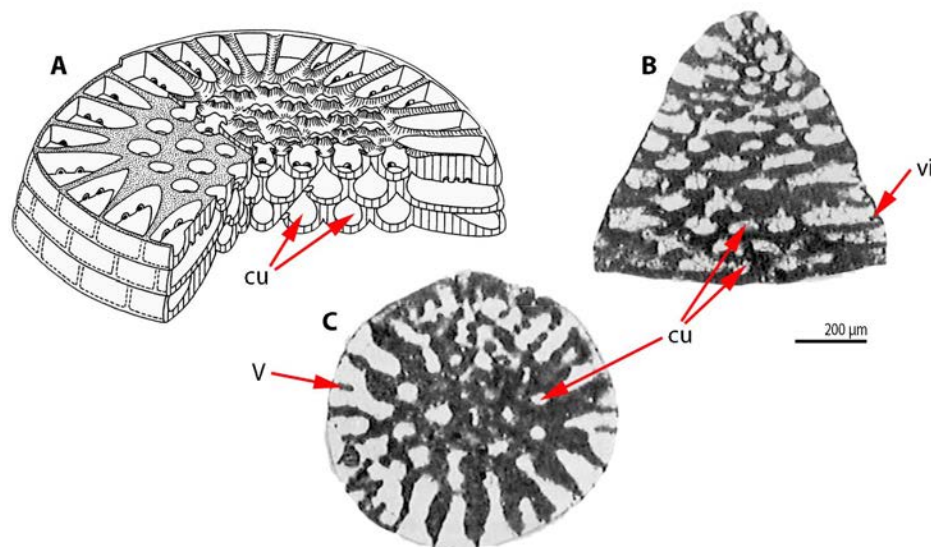
**Figura 30.** A, B: secciones de *Paleodictyoconus actinostoma*, donde se aprecian los tabiques-pilares descritos por Arnaud-vanneau. A: sección axial. B: sección transversal. Pr: prolóculo; tab: tabique; t-p: tabique-pilar; V: viga; vi: vigueta. Extraído de Arnaud-Vanneau (1980).



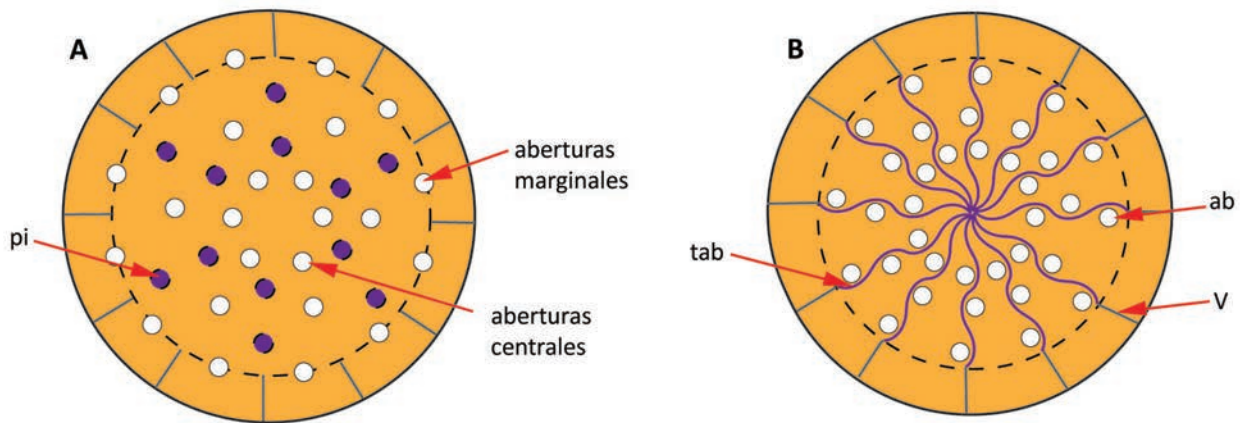
**Figura 31.** A: reconstrucción de la arquitectura interna con pilares en 3D y en sección transversa con pilares. B, C: secciones transversa y axial de *Paracoskinolina* con pilares alineados de una cámara a la siguiente. f: foramen; pi: pilar; V: viga. Esquema modificado de Arnaud-Vanneau (1980).

zona marginal y la zona central dirigidas hacia fuera con un ángulo aproximado de 45° (Fig. 33A). Según Hottinger y Drobne (1980) estas últimas aberturas son denominadas **aberturas marginales** para diferenciarlas de

las que ocupan la zona central del cono. El término **abertura** (en inglés *aperture*) corresponde a los orificios primarios de las cámaras por donde sale el protoplasma para formar una nueva cámara; es decir, el nom-



**Figura 32.** A: reconstrucción de la arquitectura interna de *Orbitolinopsis*. B, C: secciones de *Orbitolinopsis cuvillieri*. B: sección subaxial. C: sección transversa. cu: cúpula; V: viga; vi: viguecilla. Extraído de Arnaud-Vanneau (1980).



**Figura 33.** A: esquema de distribución de las aberturas en un modelo con pilares. B: esquema de distribución de las aberturas en un modelo con tabiques. ab: abertura; pi: pilar; tab: tabique; V: viga.

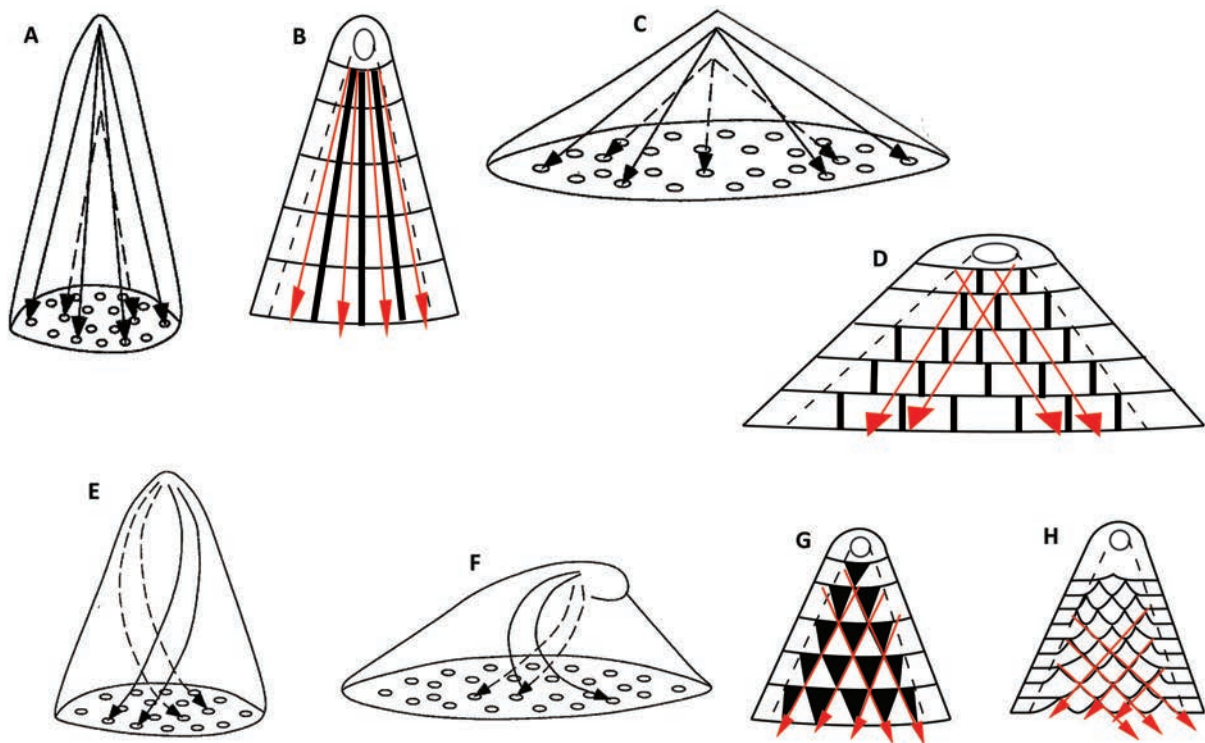
bre de abertura se debe utilizar únicamente para designar la abertura o aberturas de la última cámara. Los orificios entre septos reciben el nombre **forámenes** (en inglés *foramen/ina*) o **estolones** (*stolons*).

El término estolón se emplea para designar un foramen tubular más largo que ancho, que comunica cámaras o camarillas consecutivas. El término "poros septales" utilizado por Arnaud-Vanneau (1980) no debería ser empleado ya que puede llevar a error con las perforaciones de los foraminíferos lamelar-perforados.

Las aberturas, con respecto a la base del cono, pueden ser verticales/sub-verticales u oblicuas. Las aberturas verticales y sub-verticales son orificios redondeados que se abren en pequeñas depresiones formadas en la cara apertural, aleatoriamente o alternados entre los elementos endosqueléticos. A veces presentan alrededor de ellas un reborde o collarín. Se dan mayoritariamente en morfotipos con endoesqueleto formado por pilares o modificaciones de estos (pilaroides o hemipilares). Entre cámaras consecutivas los forámenes pueden disponerse según dos modelos distintos depen-

diendo del ángulo apical (Bernaus, 1999): a) si es agudo, los forámenes se observarán alineados según una línea generatriz que parte del ápex de la concha, y paralela a la pared del cono, dando lugar a un sistema de comunicación rectilíneo del protoplasma (Fig. 34 A y B); o b) si el ángulo apical es obtuso, las aberturas se observarán oblicuas y alternantes entre dos cámaras consecutivas (Fig. 34 C y D). En ambos casos, los forámenes parecen alinearse mediante líneas más o menos paralelas a la pared de la concha. Ejemplos de aberturas verticales o subverticales son los géneros *Paracoskinolina* y *Praedictyorbitolina*.

Los forámenes (aberturas, estolones) oblicuos se dan mayoritariamente en morfotipos con endoesqueleto formado por tabiques (rectilíneos y/o zigzagueantes) y cúpulas. Los forámenes oblicuos son, generalmente, más pequeños que en la disposición de las aberturas verticales y subverticales. Se disponen alternantes según líneas generatrices diagonales que van del ápex hacia la cara oral, generando curvas helicoidales, dextrógiras y levógiras alternativamente. Esto da lugar a un sistema de comunicación del protoplasma en el interior de la



**Figura 34.** A - D: esquemas 3D y modelos en 2D mostrando la disposición alineada de los forámenes y aberturas del endoesqueleto según líneas verticales o subverticales (A, B) con ángulo apical agudo y (C, D) obtuso. E-H: esquemas 3D y modelos 2D mostrando la disposición de las aberturas según líneas oblicuas. A, C, E, F extraídas de Bernaus (1999).

concha oblicuo entrecruzado (Fig. 34 E y F). Entre dos pasos de crecimiento sucesivos, los ejes de los estolones son oblicuos entrecruzados (Fig. 34 G y H). Ejemplos de aberturas diagonales son los géneros *Orbitolina*, *Simplorbitolina* y *Orbitolinopsis*.

### 3.7. JERARQUIZACIÓN DE LOS CARACTERES ARQUITECTURALES EN LOS ORBITOLINOIDEOS

La morfología cónica, disposición uniseriada de las cámaras en los estadios adultos y la comunicación entre estas por medio de múltiples forámenes o estolones es una morfología recurrente en los foraminíferos de diferentes grupos no relacionados filogenéticamente entre sí, por lo que tiene un carácter marcadamente funcional.

Hottinger (1978; 2006) establece, basándose en la construcción de la pared de la concha, en su arquitectura y en los requerimientos funcionales de la célula de los foraminíferos bentónicos complejos, un orden jerárquico de los principales caracteres morfológicos:

1. **Textura de la pared:** indica el proceso de mineralización escogido por el organismo. Los orbitolinoideos son aglutinados.
2. **Exoesqueleto (ausencia, presencia y tipo):** modifica el lumen de las cámaras independientemente del flujo del protoplasma. Algunos cosquinolínidos carecen, generalmente, de exoesqueleto, mientras los otros pueden presentar exoesqueleto reticular subepidérmico o en alcobas.



**3. Disposición de las aberturas:** refleja la comunicación entre cámaras sucesivas. La comunicación entre cámaras sucesivas puede ser alineada u oblicua (diagonal) entrecruzada.

**4. Endoesqueleto:** refleja la circulación protoplasmática a través de los forámenes o estolones. Pueden compartimentar el protoplasma en el interior de las cámaras (tabiques y cúpulas) o únicamente condicionar su circulación (pilares).

**5. Estructuras del embrión, dimorfismo y disposición de las cámaras iniciales.**

**6. Forma de las cámaras, proporciones y dimensiones** absolutas de los elementos de la concha. Diámetro de la megaloesfera.

Durante la ontogenia, los elementos exoesqueléticos aparecen antes que los endo-

esqueléticos, siendo independientes entre ellos y dando lugar a diversas combinaciones, simultáneas o no en la historia geológica. Por ejemplo: *Orbitolina* (Cretácico) y *Dictyoconus* (Paleógeno) presentan el mismo tipo de exoesqueleto reticular subepidérmico, pero *Orbitolina* tiene endoesqueleto con tabiques y *Dictyoconus* con pilares. Ciertos tipos de exoesqueleto están restringidos a un cierto tipo de textura de la pared (por ejemplo: el exoesqueleto reticular subepidérmico está ligado a la presencia de epidermis).

Los diferentes tipos de exoesqueleto y endoesqueleto no están condicionados por la complejidad de las cámaras embrionarias simples y complejas. Aun así, en algunas formas parece haber una correlación entre el aumento de complejidad del aparato embrionario y la complejidad de las estructuras esqueléticas en estado adulto (ejemplo *Orbitolina*).

# 4

## LOS GÉNEROS DE ORBITOLINOIDEOS: HISTORIA Y DESCRIPCIÓN ACTUALIZADA

**EN ESTE CAPÍTULO** se enumeran, por orden cronológico, los géneros de orbitolinoideos descritos desde los inicios de la paleontología hasta nuestros días, y se valoran y describen con los criterios establecidos en el capítulo III. Se ha usado como referencia los géneros incluidos por Loeblich y Tappan (1987) en la Superfamilia Orbitolinacea y los incluidos por Kaminski (2014) en las Superfamilias Orbitolinoidea y Coskinolinoidea. Para cada género se cita la descripción original y las principales aportaciones, modificaciones y/o enmendaciones realizadas por autores posteriores, entre ellos Davies (1930), Douglas (1960), Schroeder (1962, 1963, 1975), Hofker (1963, 1965, 1966a, b), Loeblich y Tappan (1964, 1987), Moullade (1960), Hottinger y Drobne (1980), Arnaud-Vanneau (1980), Schroeder y Neumann (1985). En la descripción original se ha mantenido la terminología empleada por cada autor. Siempre que ha sido posible, se han utilizado las fotografías, dibujos, modelos originales o reproducciones de los mismos para ilustrar las estructuras que caracterizan los distintos géneros. Finalmente, se ha realizado una nueva descripción detallada de cada uno de los géneros, teniendo en cuenta la terminología establecida en el capítulo III y mostrando fotografías que faciliten su correcta identificación. Para ello se ha utilizado, tanto material propio como el disponible en la bibliografía.

Para facilitar la comprensión histórica, la enumeración de los géneros se ha separado en varios subcapítulos sucesivos, con una pequeña recapitulación al final de cada uno de ellos.

## 4.1. GENEROS DESCRITOS EN EL SIGLO XIX

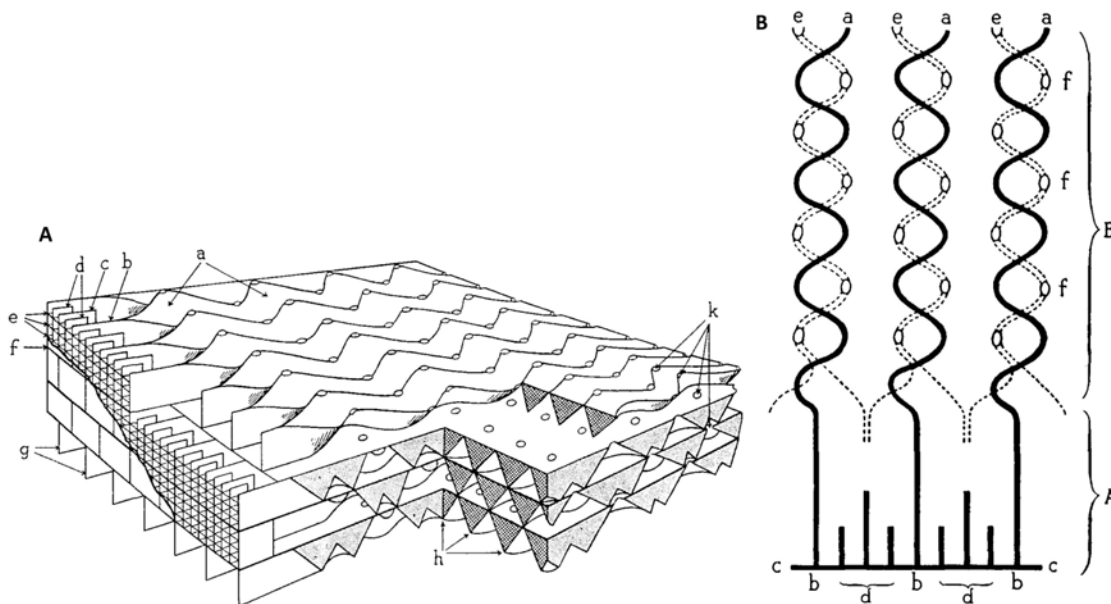
### Género *Orbitolina* D'Orbigny, 1850

La primera cita sobre orbitolinoideos se debe a Lamarck (1801), quien estableció el taxón *Orbulites concava*. Cincuenta años más tarde, d'Orbigny (1850) creó, para las formas mencionadas por Lamarck, el género *Orbitolina* (especie tipo: *Orbulites concava* Lamarck). En los años sucesivos, el número de especies del género *Orbitolina* se incrementó rápidamente, aunque en la actualidad algunas de ellas han sido adscritas a otros géneros, o se consideran sinónimas. La arquitectura del género *Orbitolina* fue establecida principalmente en los trabajos de Davies (1939), Henson (1948), Dou-

glas (1960), Hofker (1963, 1965, 1966a, b) y Schroeder (1962, 1965, 1975, 1979).

Davies (1939) reestudia el género *Orbitolina* y da claves para distinguirla de *Dictyononcus*. Además proporciona una primera reconstrucción de la estructura del género *Orbitolina* (Fig. 35).

Henson (1948), en su monografía sobre los macroforaminíferos imperforados del suroeste asiático, dedicó varias páginas al género *Orbitolina* y otros cónicos. De *Orbitolina* describió su microestructura y, a diferencia de Davies (1939), le atribuyó una pared constituida por calcita microgranular, con grandes cantidades de material foráneo, lo que da una epidermis finamente arenácea. Definió su arquitec-

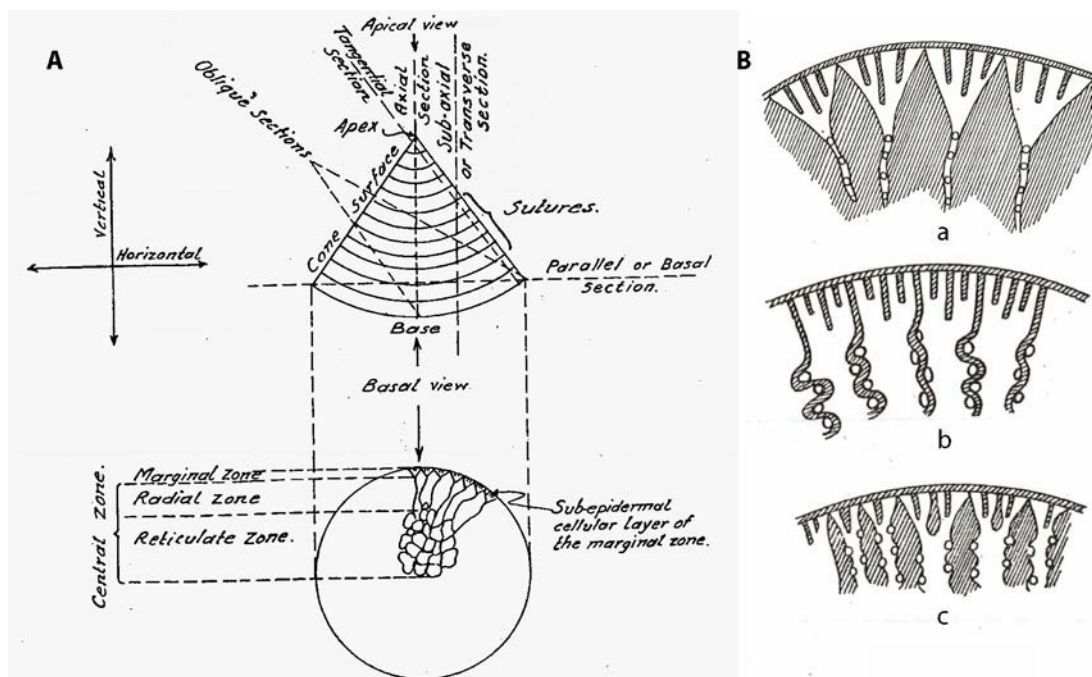


**Figura 35.** A: modelo de la estructura de *Orbitolina*; a, h: estructura en zigzag, más gruesa en la parte superior de la cámara que en la inferior; b, g: placa vertical principal; c: subdivisiones verticales de primer orden; d: subdivisiones verticales de menor orden; e: subdivisiones horizontales; f: septo; k: forámenes. B: esquema mostrando la posición de los estolones entre dos estadios de crecimiento sucesivos; A: región periférica de la cámara; B: región umbilical; c-c: periferia de la cámara; b-b: porción de la periferia entre dos placas verticales principales; d: subdivisiones verticales de mayor y menor orden; a, e: trazado de las placas verticales de dos estadios consecutivos; f: forámenes. Modelos sin escala. Imágenes originales de Davies (1939).

tura como formada por cámaras sucesivas en forma de plato, que aumentan progresivamente de tamaño a partir de la nucleoncha. Para explicar la estructura interna de las cámaras, las dividió en tres zonas concéntricas: 1) zona marginal, que equivale a la región periférica de Davies (1939), 2) zona radial y 3) zona reticulada (estas dos últimas zonas corresponden a la región umbilical de Davies, 1939) (Fig. 36A). Henson describe la zona marginal como una corona (o anillo) de camarillas marginales rectangulares limitadas entre sí por particiones verticales y horizontales (las placas y/o subdivisiones de Davies, 1939). Estas particiones, que se abren hacia el interior de la cámara, están exteriormente limitadas por la epidermis. El número de divisiones, tanto verticales como hori-

zontales puede ser muy variado, lo que da una complejidad variable de la región periférica. El conjunto es denominado "capa subepidérmica".

La zona radial está formada por prolongaciones de las particiones verticales principales de la región marginal (placas, en Davies, 1939), que se extienden radialmente hacia el interior de la cámara entre dos septos consecutivos. Esta zona alberga forámenes, que alternan entre dos cámaras sucesivas. Estas particiones, en el caso de *Orbitolina*, son delgadas y onduladas en zigzag (Fig. 36B). La zona reticulada es la zona más interna, donde las particiones verticales principales se anastomosan provocando un complejo retículo, a menudo laberíntico.



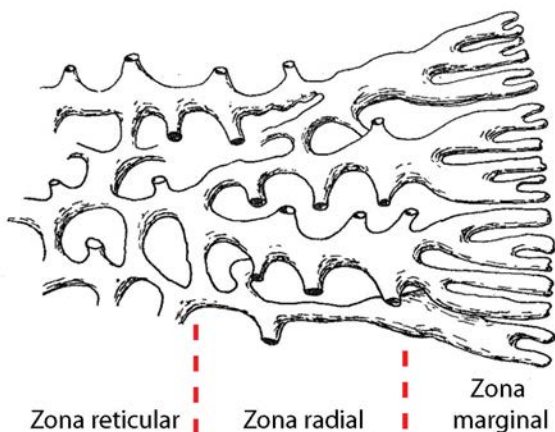
**Figura 36.** A: esquema de las principales partes identificadas en *Orbitolina*. B: esquemas de secciones transversas de cámaras de tres *Orbitolínidos*; a: las camarillas de la zona marginal tienen forma triangular con particiones radiales delgadas, que se ensanchan hacia el interior; b: las camarillas de la zona marginal son rectangulares y las particiones radiales son delgadas y en forma de zigzag; c: las camarillas de la zona marginal son sub-trianguulares con particiones delgadas que se ensanchan hacia el interior. Modelos sin escala. Según Henson (1948).

Este mismo autor dio nombre a varias especies de *Orbitolina* y creó varias subespecies. Algunas de ellas, con el tiempo, cayeron en desuso y otras fueron adscritas a nuevos géneros.

Douglas (1960) revisa el género *Orbitolina* y añade algunas puntualizaciones a las descripciones previas del género.

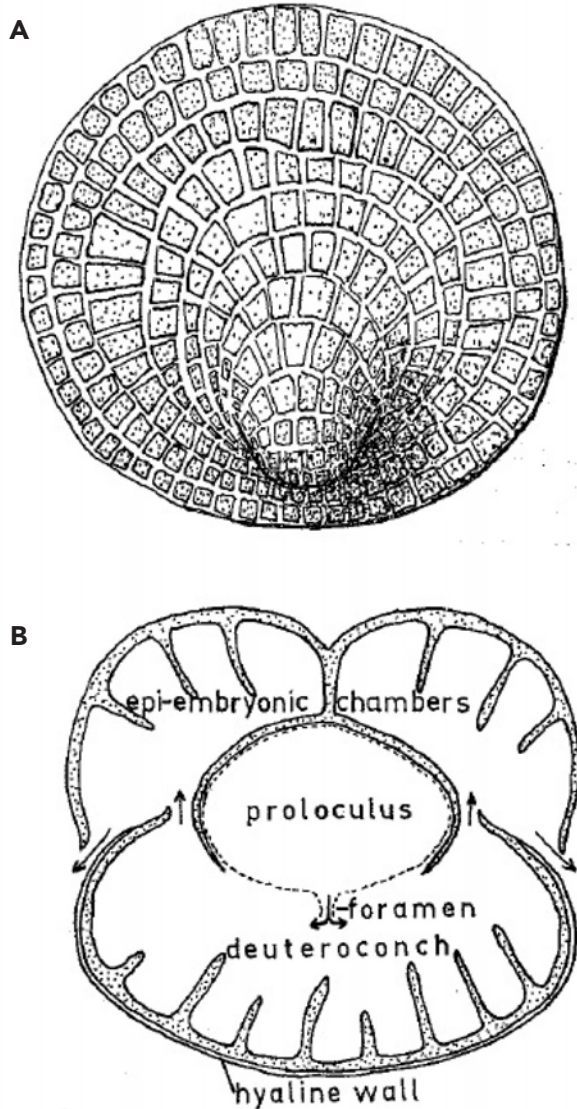
Un hito importante en el conocimiento del género *Orbitolina* lo constituyeron los trabajos de Hofker (1963; 1965; 1966a, b). Este autor, apoyándose en ejemplares de *Orbitolina lenticularis* Blumenbach (especie adscrita actualmente al género *Palorbitolina*) y cuyo interior está resaltado por la presencia de piritita, estableció un clarificador modelo del lumen de la cámara y sus estructuras internas (Fig. 37).

Distinguió las tres zonas clásicas: marginal, radial y reticulada. La zona marginal está dividida por láminas radiales, verticales y horizontales, que pueden ser de distintos órdenes, y subdividen esta zona en pequeñas celdas, cuya función sería, según el autor, reforzar la pared de la concha



**Figura 37.** Molde del lumen de una cámara de *Orbitolina lenticularis* con las estructuras internas. Modelo sin escala. Según Hofker (1963).

(Fig. 38A). En la parte central, las láminas verticales principales de la zona periférica se extienden hacia la zona radial, donde se anastomosan en la parte más interna. En esta zona radial destacó la presencia de estolones. Las cámaras de dos estadios



**Figura 38.** A: esquema de un espécimen microférico visto desde el exterior; obsérvense las celdas periféricas. B: esquema del aparato embrionario megaloesférico, constituido por la primera cámara (proloculus), que comunica con la segunda (deuteroconcha) por medio de una abertura (foramen) y ésta con un par de terceras cámara (epiembrionaria). Tanto la deuteroconcha como las cámaras epiembrionarias presentan estructuras exoesqueléticas. Modelo sin escala. Según Hofker (1963).

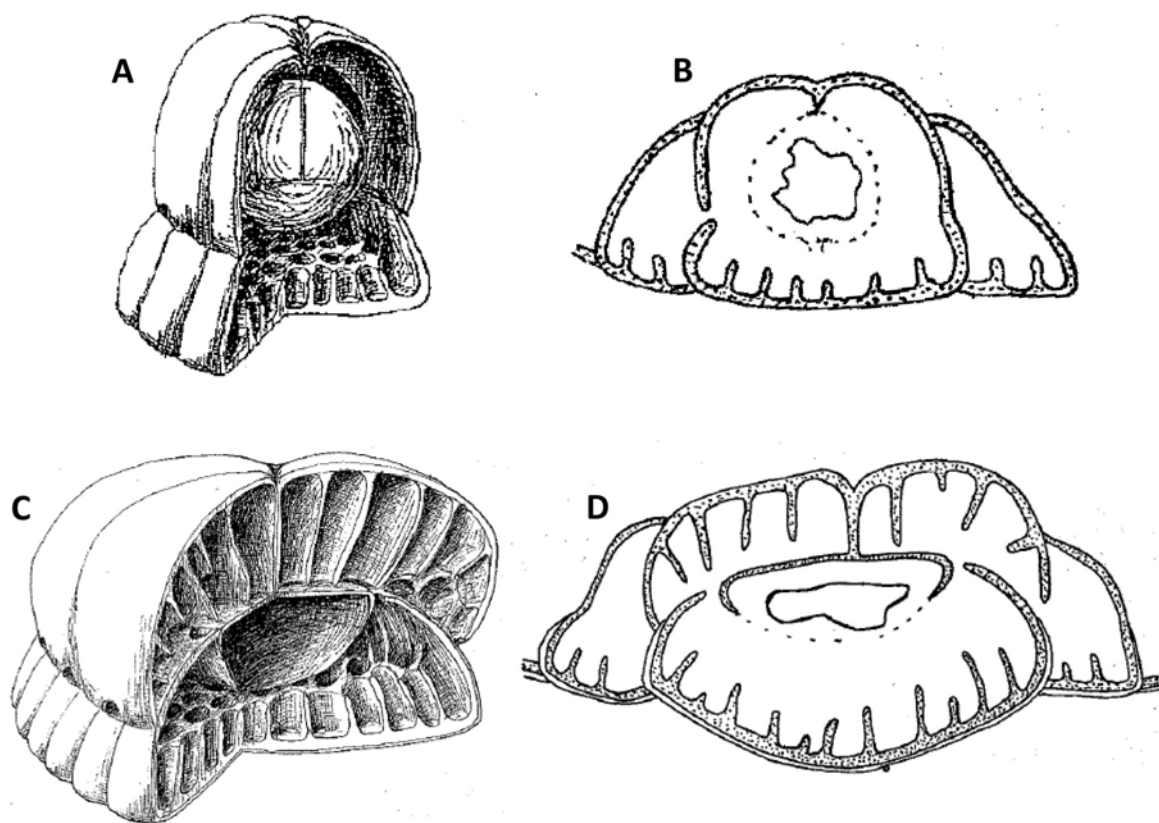
de crecimiento consecutivos están interconectadas por estolones oblicuos, situados alternativamente a derecha e izquierda de las particiones. Explicó el inicio de las formas microesféricas mediante una espiral (estreptospira), mientras en las formas megaloesféricas la espiral se reduce o es inexistente (Fig. 38B).

El aparato embrionario de las formas megaloesféricas consiste en una protoconcha (generalmente globular) y una deuteroconcha (que rodea parcialmente la protoconcha y puede tener elementos exoesqueléticos). Ambas cámaras embrionarias se comunican por un único estolón, pero la deuteroconcha puede tener varios estolones, que comunican con las cámaras epiembrionarias.

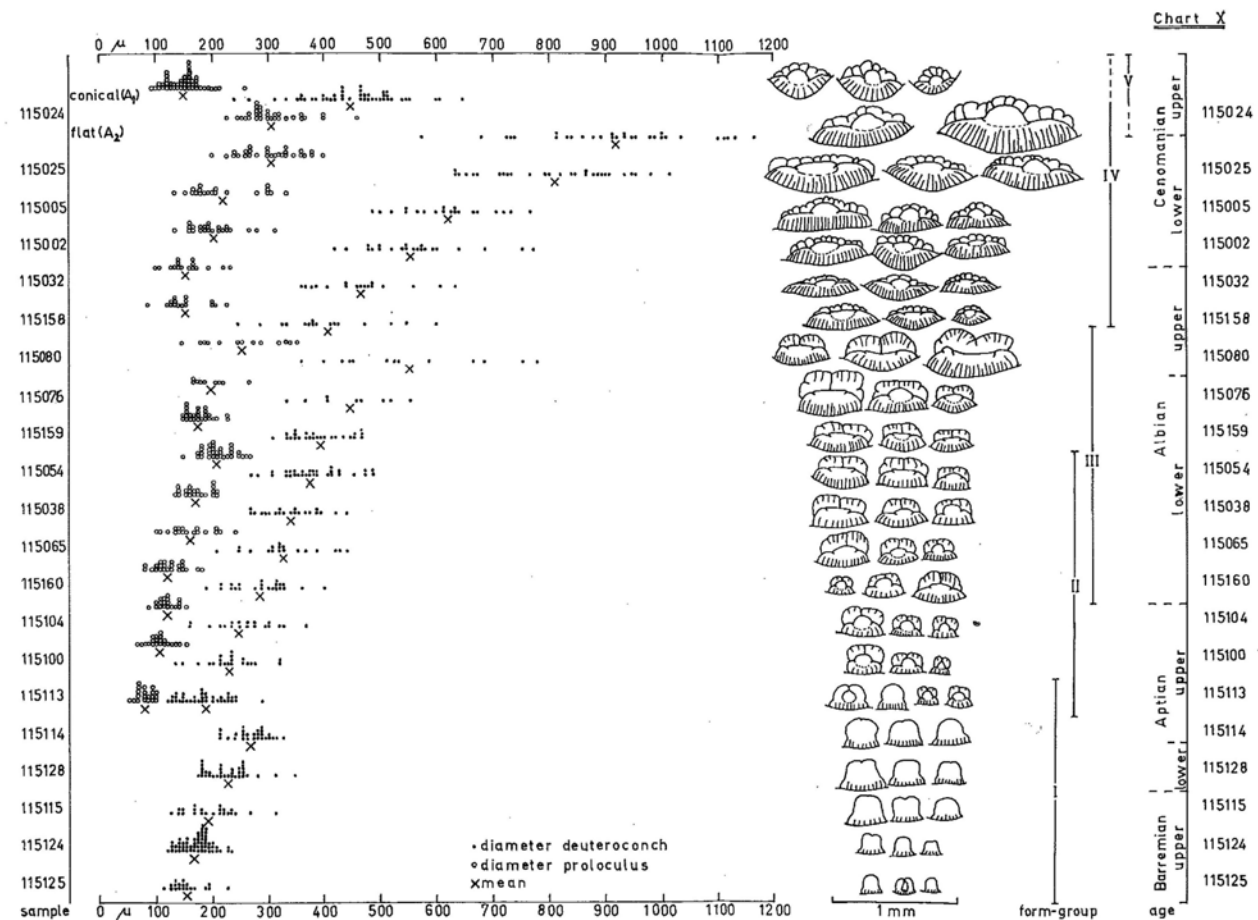
Éste mismo autor estableció varios modelos de macroesfera con diferentes grados de complejidad (Fig. 39), y fijó la evolución de las cámaras embrionarias como herramienta biostratigráfica (Fig. 40).

También describió la superficie externa de *Orbitolina* como una pared formada por una capa hialina de calcita orgánica transparente recubierta, por encima y por debajo, de partículas microgranulares procedentes del medio.

Casi contemporáneamente a los trabajos de Hofker, aparecen las primeras publicaciones de Schroeder (1962; 1963; 1964; 1973) en las que se describen varios nuevos subgéneros y/o géneros a partir de especies consideradas originariamente pertenecien-



**Figura 39.** Esquemas en 3D y en sección de los aparatos embrionarios de dos *Orbitolinas* que se suceden en el tiempo. A, B: *Orbitolina* grupo 1 (actualmente se incluye en el género *Palorbitolina*). C, D: *Orbitolina* grupo 3 (actualmente incluido en *Mesorbitolina*). Modelo sin escala. Según Hofker (1963).



**Figura 40.** Variación de tamaño y complejidad del aparato embrionario en *Orbitolina* durante el Cretácico y su utilización en bioestratigrafía. Según Hofker (1963).

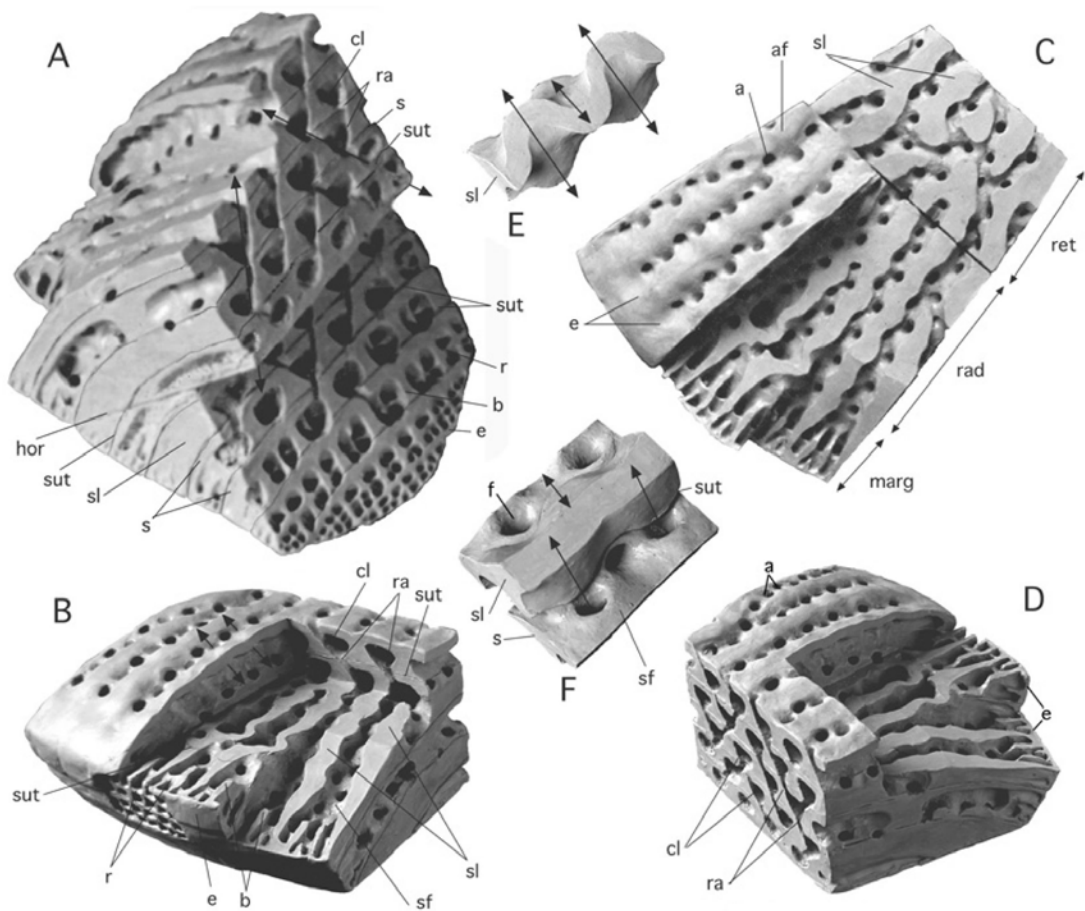
tes al género *Orbitolina*. En 1962, creó el subgénero *Mesorbitolina* para *Orbitulites texanus* Roemer, 1849. En 1973 creó el subgénero *Conicorbitolina* para *Orbitolites conica* D'Archiac, 1837. Los subgéneros *Mesorbitolina* y *Conicorbitolina* están basados principalmente en las características del embrión macroesférico, en paralelo al subgénero *Orbitolina* (*Orbitolina*). En Schroeder y Neumann (1985) se da una descripción detallada comparada de los tres subgéneros, que Loeblich y Tappan (1987) elevó a categoría de géneros.

Finalmente, merece la pena citar que Hottinger (2006, Fig. 71; Fig. 41) reproduce varios modelos inéditos de Reichel sobre la

estructura de los orbitolinoideos, en los que adapta, desde un punto de vista nomenclatural, los términos propuestos en su glosario, aceptados, en su mayor parte, en esta tesis (véase capítulo III)

### Descripción actualizada del género *Orbitolina* (Fig. 42)

Concha que varía de cónica a discoidal. Tamaño de medio a grande. Disposición de las cámaras juveniles y adultas uniseriada. Pared fina, con epidermis. La zona marginal de la cámara es reducida y está ocupada por un exoesqueleto reticular subepidérmico. Éste está formado por vigas y viguicillas de diferentes órdenes, que forman un conjunto de alveolos poligonales abiertos



**Figura 41.** Modelos de orbitolínidos realizados por Reichel (aprox. 1955), reproducidos por Hottinger (2006). Modelos sin escala. Para la leyenda véase Hottinger (2006).

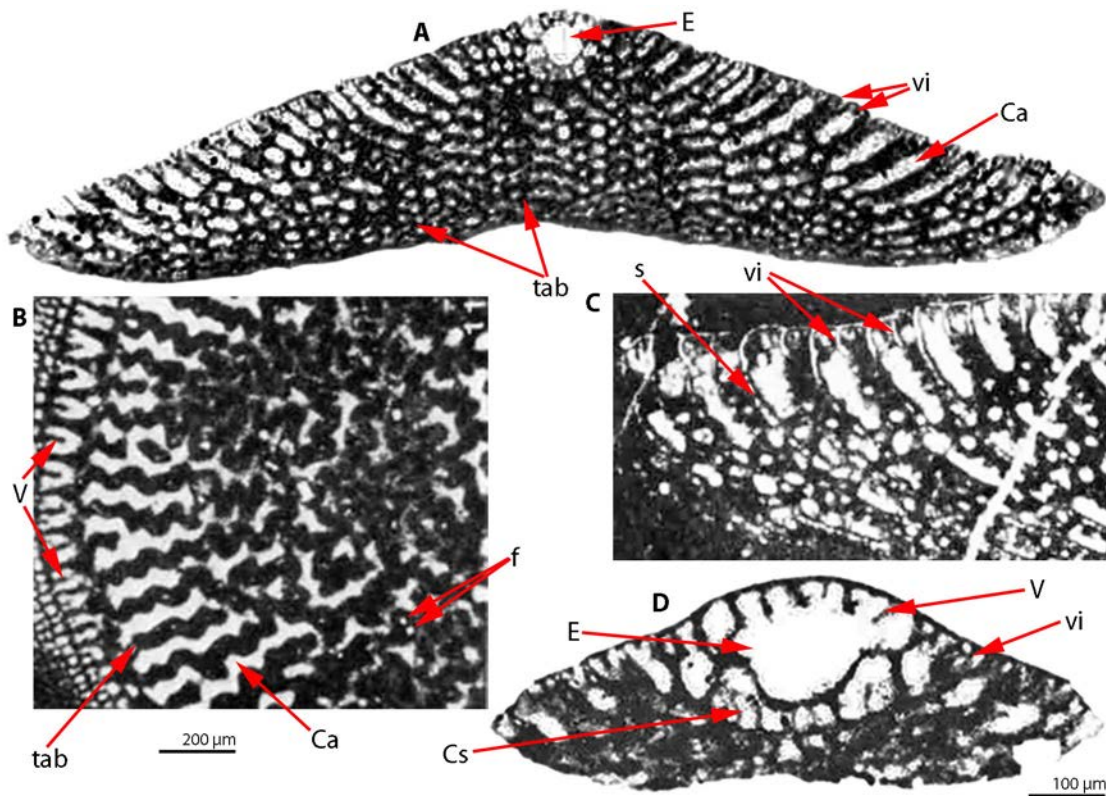
hacia el interior de la cámara (*pigeon holes* en Hottinger, 2006). Las vigas principales continúan hacia el interior de la cámara formando tabiques zigzagueantes (zona radial), que hacia el centro de la cámara se anastomosan (zona reticulada). Los tabiques limitan un gran número de camarillas. A ambos lados de los tabiques se sitúan los estolones, que son pequeños y oblicuos, inclinados a derecha e izquierda alternativamente. Los estolones comunican las camarillas de dos ciclos de crecimiento sucesivos; los ejes de comunicación son oblicuos y entrecruzados. El aparato embrionario macroesférico es complejo y está formado por la protoconcha, la deuteroconcha y la zona subembrionaria (Fig. 42D). Según la mor-

fología y complejidad del aparato embrionario se diferencian tres subgéneros: *Mesorbitolina*, *Conicorbitolina* y *Orbitolina*. Para más información sobre estos tres subgéneros véase Schroeder, en Schroeder y Neumann (1985). El género *Orbitolina* aparece en el registro fósil en el Aptiense superior y se extiende hasta el Cenomaniense medio.

#### Género *Coskinolina* Stache, 1875

Stache (1875) describió un nuevo género, muy simple, del Terciario de la antigua Yugoslavia bajo el nombre de *Coskinolina* (especie tipo: *C. liburnica*). Sin embargo, la no designación de holotipo para *C. liburnica* y





**Figura 42.** *Orbitolina (Mesorbitolina) texana*. A: sección axial de un espécimen megaloesférico completo, donde pueden observarse las viguetillas del exoesqueleto, y el endoesqueleto formado por tabiques. B: parte de una sección transversa donde se observan las vigas del exoesqueleto en su parte marginal, los tabiques zigzagueantes en la zona radial y como se anastomosan en el área más interna (zona reticular). C: detalle de la sección axial donde se observa la pared externa con la inserción de las viguetillas y los septos. D: detalle de la sección axial del aparato embrionario megalosférico con el exoesqueleto ya presente en la deuteroconcha. Ca: camarilla; Cs: cámara subembrionaria; E: embrión; f: foramen (estolón); s: septo; tab: tabique; V: viga; vi: viguetilla. Fotografías A, D extraídas de Schroeder y Neumann (1985); fotografías B, C extraídas de Loeblich y Tappan (1987). Fotografías A-C x50, fotografías D x100.

la falta de documentación original motivó en los años siguientes la adscripción de la especie *liburnica* a los géneros *Coskinolina* o *Lituonella* Schlumberger, 1905, (especie tipo: *L. roberti*) indistintamente (véase lista de sinonimias en Hottinger y Drobne, 1980, p. 226). En los años 70 del siglo XX, casi contemporáneamente, Bignot (1973) y Schroeder (1974) centraron su interés en este género dada la falta de un holotipo disponible. Bignot reestudió especímenes de una de las localidades citadas por Stache (1875), creó un neotipo y lo asignó al género *Lituonella*. Sin embargo Schroeder,

con el reestudio del material de la propia colección Stache, no concedió validez al neotipo creado por Bignot (1973) y designó, a su vez, un lectotipo para *C. liburnica*. Esta dualidad fue mantenida en los años siguientes según la escuela de procedencia de los investigadores hasta que Hottinger y Drobne (1980), en su trabajo sobre los foraminíferos imperforados cónicos del Terciario inferior, decidieron, teniendo en cuenta lo que denominaron "una solución formal", aceptar la propuesta de Schroeder (1974) y zanjar la cuestión. Estos mismos autores (Hottinger y Drobne, 1980)

estudiaron en detalle la estructura de *Coskinolina* y crearon, en base a su estado inicial, tres subgéneros: *Coskinolina* (*Coskinolina*) cuya especie tipo es *C. liburnica*; *Coskinolina* (*Coskinon*), cuya especie tipo es *C. (Coskinon) rajkae* Hottinger y Drobne, 1980; y *Coskinolina* (*Coleiconus*), cuya especie tipo es *C. Coskinolina elongata* Cole, 1942. Estos subgéneros fueron elevados a categoría de género por Loeblich y Tappan (1987). *Coleiconus* fue aceptado por Veccio y Hottinger (2007) como género distinto de *Coskinolina* por la presencia de un exoesqueleto en forma de incipientes vigas. *Coskinon* se considera subgénero de *Coskinolina* y se diferencia de esta por la falta de una espira inicial en las primeras cámaras post embrionarias.

#### Descripción actualizada del género *Coskinolina* (Fig. 43 A y B)

Concha de morfología cónica, tamaño medio, pared gruesa (tipo pseudo-keriotecal) y las cámaras adultas están dispuestas uniserialmente. La zona marginal de las cámaras carece de estructuras exoesqueléticas. La zona central presenta pilares que alternan de una cámara a la siguiente. Las aberturas, relativamente grandes, forman una criba en la cara apertural y están situadas entre los pilares. Posee aberturas marginales. El aparato embrionario de las formas macrosféricas está formado por una protoconcha y una deuteroconcha sin estructuras exoesqueléticas y es seguido por una espira, que puede ser más o menos desarrollada. Todos los representantes del género *Coskinolina* son terciarios (Paleoceno-Eoceno superior).

En este trabajo se realizan dos consideraciones: 1) *Coskinon* (Fig. 43 C y D) cómo subgénero de *Coskinolina* por diferenciarse de esta únicamente por su aparato embrionario el cual carece de una espira en

las primeras cámaras post embrionarias. 2) *Coleiconus* (Fig. 43 E y F) cómo un género diferente de *Coskinolina* ya que, aun presentar una morfología, un aparato embrionario y una estructura endoesqueléticas parecidas, se diferencia de *Coskinolina* por presentar vigas incipientes.

El género *Coskinolina* caracteriza el Paleoceno-Eoceno. El subgénero *Coskinon* se extiende desde el Paleoceno medio al Eoceno y *Coleiconus* caracteriza el Eoceno inferior-Eoceno medio.

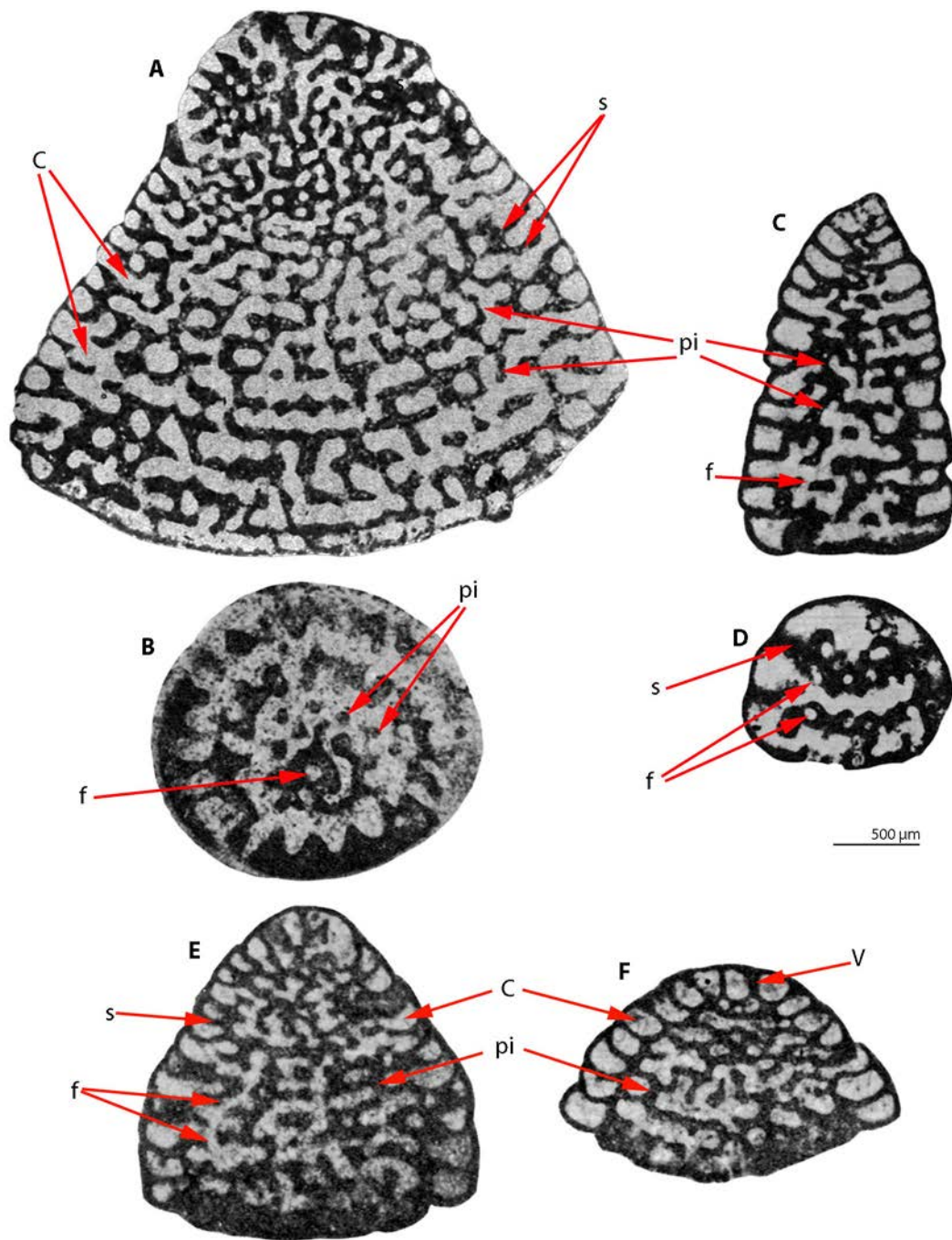
**Síntesis.** A finales del siglo XIX existían en la literatura paleontológica únicamente dos géneros: *Orbitolina* (del Cretácico inferior y medio) y *Coskinolina* (del Paleógeno). Sus diferencias son muy marcadas y fáciles de distinguir en cualquier tipo de sección.

## 4.2. GENEROS DESCRITOS EN LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XX

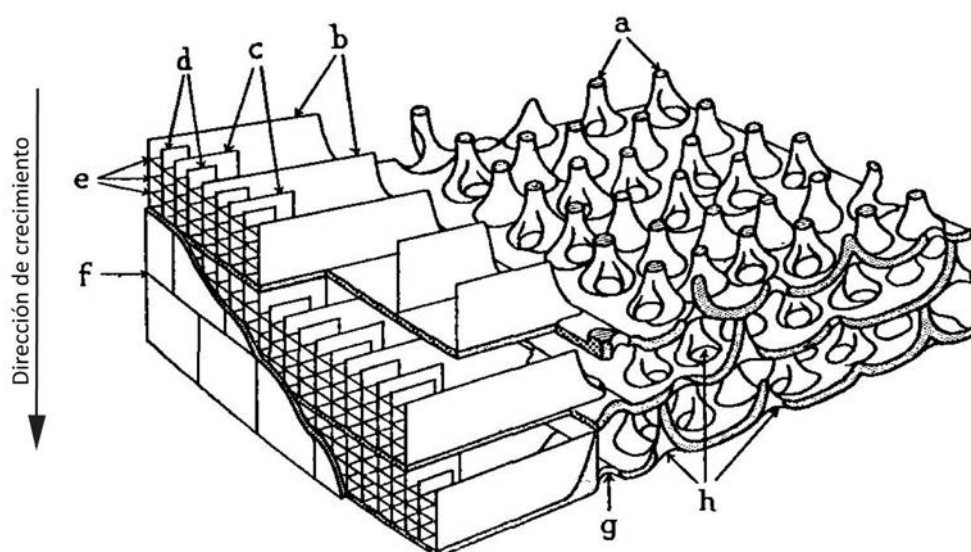
### Género *Dictyoconus* Blanckenhorn, 1900

En 1900 Blanckenhorn creó el género *Dictyoconus* (especie tipo: *Patellina aegyptiensis* Chapman, 1900) para incluir formas morfológicamente similares a *Coskinolina*, pero mucho más complejas estructuralmente.

Davies, en su trabajo de 1939 sobre los orbitolinoideos, publicó un modelo del género *Dictyoconus* en el que presenta una zona periférica con placas verticales y horizontales (Fig. 44) y menciona que estas son menos complejas que en el género *Orbitolina*. Además, indicó que, a diferencia de *Orbitolina*, estas placas no se prolongan hacia la zona central de la cámara, que está ocupada por pilares formando un "escudo" cen-



**Figura 43.** A, B: *Coskinolina (Coskinolina) liburnica*. A: sección subaxial que permite observar la ausencia de exoesqueleto en la zona periférica y la presencia de pilares en la zona central. Nótese los pilares cortados ligeramente oblicuos en las cámaras que forman la espira inicial. B: sección transversa ligeramente oblicua donde se observan las secciones de los pilares en su zona central. C, D: *Coskinolina (Coskinon) rajkae*. C: sección axial de una forma de pequeño tamaño con los pilares en su zona central. D: sección transversa oblicua que corta dos septos sucesivos con los forámenes intercamerales. E, F: *Coleiconus elongata*. E: sección subaxial. F: sección oblicua donde se pueden observar las vigas y los pilares. C: cámara; f: foramen; pi: pilar; s: septo; V: viga. Fotografías extraídas de Hottinger y Drobne (1980). Todas las fotografías x25.



**Figura 44.** Modelo en 3D de tres cámaras sucesivas de *Dictyoconus* según Davies (1939). a: pilares, ubicados en la zona central del Orbitolínido; b: placas verticales de primer orden; c: placas periféricas de segundo orden; d: placas periféricas de tercer orden; e: placas periféricas horizontales; f: sutura, que representa la inserción del septo; g: aberturas marginales (denominadas perforaciones en el trabajo original); h: aberturas (foramina) que comunican dos cámaras sucesivas. Modelo sin escala. Extraído de Davies (1939).

tral. Ambas regiones estarían separadas por una "cresta" marginal, donde se situaría una corona de aberturas marginales.

El género *Dictyoconus* fue aceptado por la mayoría de autores posteriores, para los que les resultó fácilmente separable de *Orbitolina* y *Coskinolina* por su estructura.

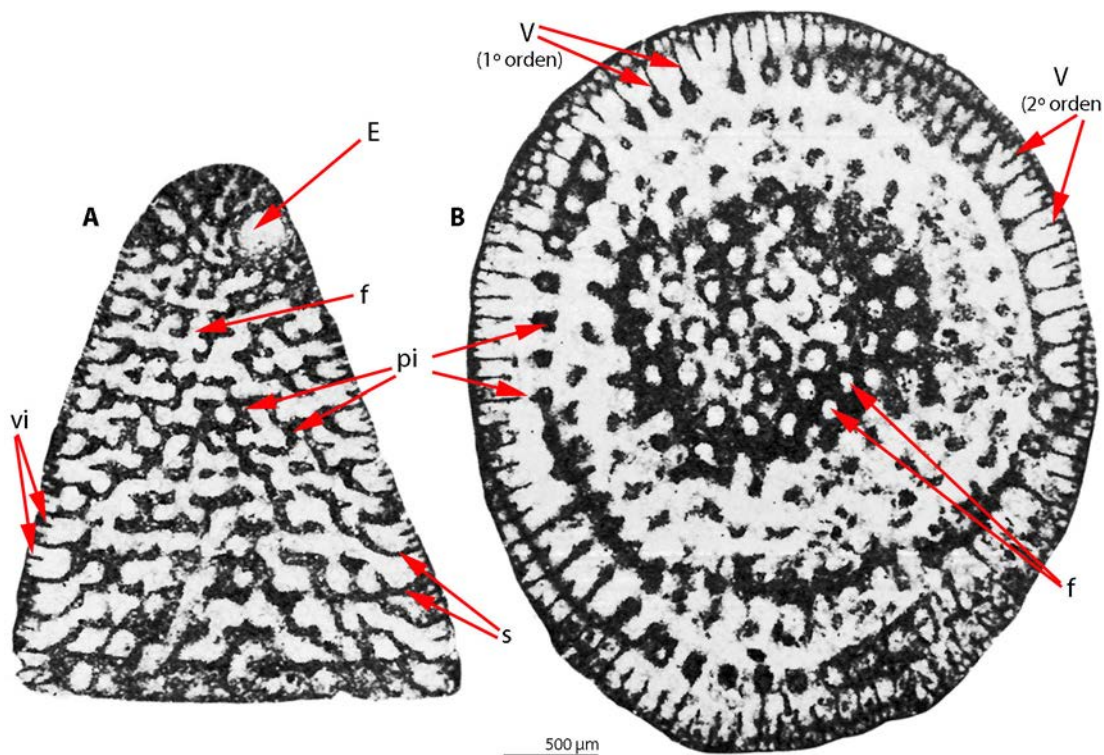
Hottinger y Drobne (1980) reestudiaron el género *Dictyoconus* y sus especies y atribuyen todas ellas al Paleógeno. Consideraron que la atribución de formas cretácicas a este género es errónea. Basándose en el desarrollo de las primeras cámaras dos subgéneros: *Dictyoconus* (*Dictyoconus*) (especie-tipo: *Patellina aegyptiensis* Chapman, 1900) y *Dictyoconus* (*Cushmania* Silvestri, 1925) cuya especie tipo es *Conulites americana* Cushman, 1919. Loeblich y Tappan (1987) elevaron el subgénero americano *Cushmania* a categoría de género

por la falta de una espira inicial en las primeras cámaras post embrionarias.

#### Descripción actualizada del género *Dictyoconus* (Fig. 45 A)

Concha cónica, de tamaño medio, con las cámaras adultas dispuestas uniserialmente. El interior de la cámara, en su área marginal, presenta vigas y vinguecillas cubiertas por una pared fina (epidermis), lo que da lugar a un exoesqueleto de tipo reticular subepidérmico similar al del género *Orbitolina*. La presencia de un exoesqueleto formando un retículo subepidérmico le diferencia de *Coskinolina*, con la que frecuentemente está asociado en los depósitos poco profundos del Paleógeno.

La parte central de las cámaras presenta pilares, generalmente en forma de media luna en su parte distal (techo de la cámara), y estos abrazan los estolones. Son pilares alternan-



**Figura 45.** *Dictyoconus (Dictyoconus) aegyptiensis*. **A:** sección axial donde puede verse el embrión en posición excéntrica al inicio de una espira bien desarrollada, seguido por cámaras uniseriadas atravesadas por pilares alternantes de una cámara a la siguiente. En la zona marginal de las cámaras se observan las viguetillas. **B:** sección transversa ligeramente oblicua, donde se observa la zona periférica de las cámaras con vigas de diferentes órdenes y viguetillas, y en la zona central pilares de sección semilunar. Los forámenes intracamerulares son relativamente grandes y dispuestas siguiendo círculos concéntricos. **E:** embrión; **f:** foramen; **s:** septo; **pi:** pilar; **V:** viga; **vi:** viguetilla. Fotografías extraídas de Hottinger y Drobne (1980). Todas las fotografías x25.

tes de una cámara a la siguiente. Las aberturas están dispuestas en criba en la base del cono, hay centrales y marginales. Los ejes de los forámenes son oblicuos y entrecruzados.

El aparato embrionario macroesférico comprende protoconcha, deuterconcha y las primeras cámaras postembrionarias forman una espira más o menos desarrollada.

En este trabajo se considera *Cushmania* como subgénero de *Dictyoconus* por presentar la misma morfología, mismas estructuras endoesqueléticas y exoesqueléticas; y se diferencia de *Dictyoconus* por la falta de una espira inicial en las primeras cáma-

ras postembrionarias. La edad de éste género es Paleoceno-Eoceno.

#### La problemática de los "*Dictyoconus*" cretácicos

En 1926 Carsey describe *Orbitolina walnutensis* del Albiense de Texas (Estados Unidos), que Silvestri (1932) transfirió al género *Dictyoconus* como una variedad de la especie tipo, *D. aegyptiensis* (Chapman) var. *walnutensis*. Davies (1939), por el contrario, aceptó la especie de Casey pero, siguiendo a Silvestri, la incluyó en el género *Dictyoconus* como *D. walnutensis* (Casey). Este último autor sostiene que la estructura de la especie cretácica es idéntica a la de las es-

pecies paleógenas, aunque el número de placas periféricas es más reducido.

Henson (1948) estableció una nueva especie cretácica de *Dictyoconus*, *D. arabicus*, a partir de material procedente de un sondeo de Qatar, atribuido al Barremiense-Aptiense inferior. La describió como “concha cónica, con base ligeramente cóncava o convexa, embrión megaloesférico excéntrico y seguido de una o dos cámaras espirales sin estructuras internas. Las cámaras adultas con una zona subepidérmica bien desarrollada con particiones verticales, aunque las particiones horizontales son muy rudimentarias o pueden faltar. Hay 10-15 cámaras por mm (medidas en sección axial); aberturas dispuestas en hileras radiales”. El interior de la cámara lo describió con “estructuras irregulares” y en su clave de determinación situó el género en paralelo con *Lituonella* y *Coskinolina*. Consideró la nueva especie bastante parecida a *D. walnutensis*.

A partir de los años 50, numerosas nuevas especies de edad cretácica fueron atribuidas en la literatura paleontológica al género *Dictyoconus*. Sin embargo, en estudios posteriores la mayoría de ellas fueron transferidas a los géneros *Paleodictyoconus* (especie tipo: *Dictyoconus cuvillieri* Foury, 1963) o *Paracoskinolina* (especie tipo: *Coskinolina maynci*), aunque para algunas especies la filiación genérica resulta aún aun discutida. Schroeder y Cherchi (2010) transfirieron *Dictyoconus arabicus* al nuevo género *Montseciella* (véase descripción de éste género). No obstante, el estudio específico escapa al objetivo de este capítulo.

### Género *Lituonella* Schlumberger en Schlumberger y Douvillé, 1905

En 1905, Schlumberger describió el género *Lituonella* (especie tipo: *L. roberti* Schlum-

berger, en Schlumberger y Douvillé, 1905) del Eoceno, caracterizado por la morfología cónica, pared keriotecal, las cámaras iniciales trocospirales y las siguientes uniseriadas. Las cámaras presentan una zona marginal no dividida y una zona central con pilares. Las aberturas están situadas entre los pilares en la zona central y se distribuyen sin orden formado una criba.

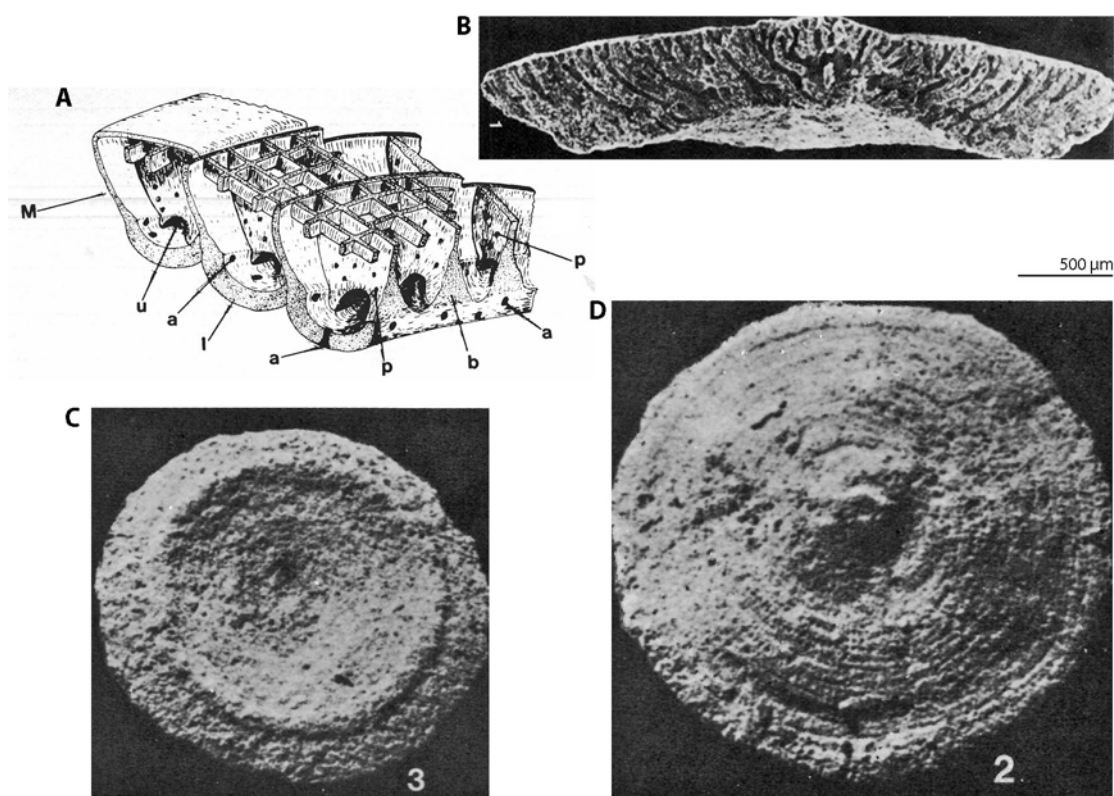
### Descripción actualizada del género *Lituonella*

En este trabajo y basándonos en los caracteres descritos anteriormente, se considera al género *Lituonella* como sinónimo del género *Coskinolina*.

### Género *Pseudorbitolina* Douvillé, 1910

En 1910, Douvillé creó el género *Pseudorbitolina* (especie tipo: *Pseudorbitolina marthae*) con material procedente del Cretácico superior (Campaniense) de la región de Aquitania (SW de Francia). Según la figuración dada por el autor, se trata de una forma discoidal convexo-cóncava, en la que se pueden observar las líneas de crecimiento y una pared externa reticulada; sin embargo, la descripción original resulta de difícil comprensión. Douvillé (1910) citó, en el lado ventral, un “sillón” (*sillon* en francés) anular del cual parten “sillones radiales” (*sillons rayonnants* en francés); esta vaga definición parece indicar la presencia de una zona marginal con retículo subepidérmico separada de una zona central con probables tabiques.

Neumann (1978) reestudió las formas descritas por Douvillé (1910), realizó un modelo en tres dimensiones (Fig. 46A) y publicó tres fotografías al microscopio electrónico de barrido (Fig. 46 B-D), que fueron reproducidas por Loeblich y Tappan (1987). Estos últimos autores describieron el géne-



**Figura 46.** *Pseudorbitolina marthae*. A: modelo de la estructura de las tres últimas cámaras. B-D: vistas exteriores con microscopio electrónico de barrido. B: vista axial. C: vista oral. D: vista apical. Para la leyenda véase Loeblich y Tappan (1987). Modelo sin escala. Extraído de Loeblich y Tappan (1987). Fotografías B-D x25.

ro como de morfología convexo-cóncava, con las primeras cámaras formando una espiral muy reducida seguidas por cámaras adultas cíclicas, cuyas suturas se aprecian perfectamente desde el exterior de la concha. Tanto las cámaras espirales como las cíclicas presentan particiones radiales y una zona central formada por tabiques.

La ausencia de material tipo de esta forma de Douvillé no nos ha permitido realizar una descripción detallada, por lo que se pospone su descripción al reestudio del material de la localidad tipo.

#### Género *Coskinolinoidea* Keijzer, 1942

En 1942, Keijzer describió el género *Coskinolinoidea* (especie tipo: *C. texanus* Ke-

jzer, 1942) de los depósitos del Cretácico inferior de Texas (Estados Unidos).

Douglas (1960) lo describió como el orbitolínido más simple conocido y de muy pequeño tamaño, con las cámaras iniciales formando una trocospira centrada y divisiones verticales en la zona marginal, que incluyen particiones principales y secundarias. Las particiones principales continúan hacia el centro, mientras las secundarias únicamente ocupan la parte periférica. Las aberturas se localizan solamente en la parte central de la cámara. La presencia de engrosamientos en esta parte de la cámara sugiere la existencia de pilares.

Loeblich y Tappan (1964) figuraron dos secciones (axial y basal, respectivamente,

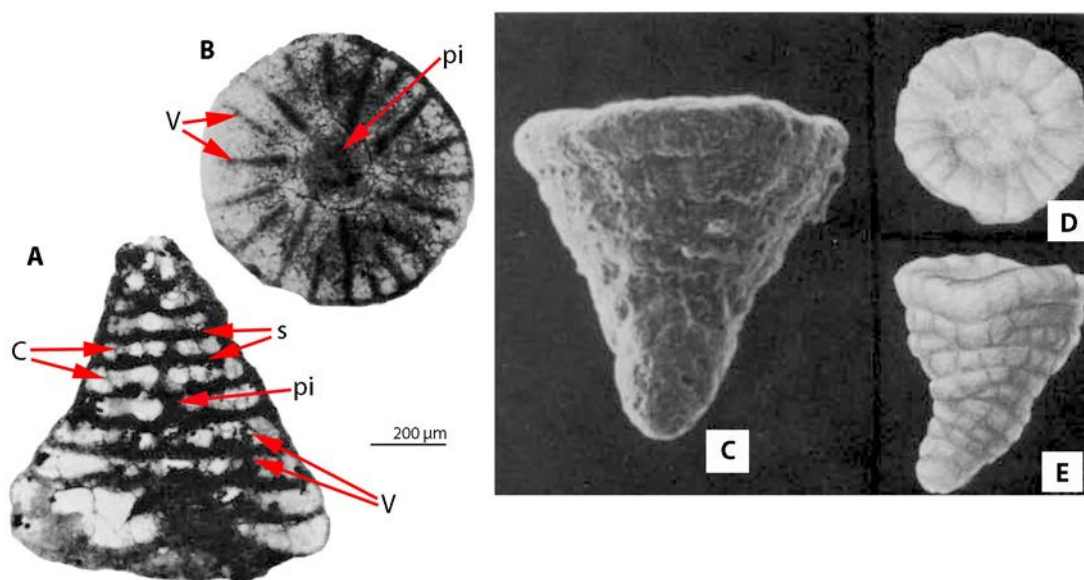
Fig. 47 A y B), que fueron retomadas en su trabajo de 1987. En este último (Loeblich y Tappan, 1987) dieron, además, una fotografía con microscopio electrónico de barrido del aspecto externo de un espécimen (Fig. 47D).

#### Descripción actualizada del género *Coskinolinoides* (Fig. 47)

La descripción que se da a continuación está basada en las figuras de Douglas (1960, Pl. 6, Fig. 7-13) y Loeblich y Tappan (1964, Fig. 221/1-3b), ya que durante la realización de esta tesis no ha sido posible obtener material de la localidad tipo para su estudio.

Concha cónica y de pequeño tamaño, constituida por cámaras discoidales en disposición uniseriada. Éstas presentan estructuras exoesqueléticas muy desarrolladas y se prolongan hacia el centro de la cámara, aunque sin alcanzarlo. En esta zona mar-

ginal de la cámara no se han observado forámenes, lo que permite nombrar estas estructuras como vigas y no tabiques. Estas estructuras son de diferentes órdenes, aunque su longitud es bastante irregular y parece que adquieren un cierto engrosamiento en su extremo interno (al menos las de mayor longitud). Las vigas son continuas de una cámara a la siguiente. Aunque Loeblich y Tappan (1987) sostienen que este género no presenta estructuras endoesqueléticas, en las secciones figuradas por Douglas (1960, Pl. 6, Fig. 7-13) y Loeblich y Tappan (1964, Fig. 221/1, 2) parece vislumbrarse la presencia de pilares. Aun así, se recomienda el reestudio de este género con nuevas secciones para confirmar la presencia de estructuras endoesqueléticas. Así mismo, las secciones estudiadas no han permitido observar la presencia de espira inicial. Se conoce únicamente del Cretácico inferior (Albiense) de América.



**Figura 47.** *Coskinolinoides texanus*. A: sección axial, donde se aprecian las particiones verticales (vigas) y algunas de las estructuras que parecen corresponder a pilares. B: sección transversa con las particiones verticales que se prolongan hacia el centro de la cámara sin alcanzarlo y los posibles pilares. C: vista exterior tomada con microscopio electrónico. D, E: dibujos representando una vista exterior basal y lateral respectivamente. C: cámara; pi: pilar; s: septo; V: viga. A y B extraído de Douglass (1960); C extraído de Loeblich y Tappan (1987); D, E extraído de Loeblich y Tappan (1964). Fotografías A, B, D, E x50; fotografías C x150.



### "*Coskinolinoidea*" terciarios

En 1956 Cole describió *C. jamaicensis* del Eoceno de Jamaica, que fue considerado por Robinson (1977) como la especie tipo de su nuevo género *Verseyella*. Hottinger y Drobne (1980) sugirieron que la forma eocénica no tiene relación con la forma cretácica. En esta tesis, el género *Verseyella* no se ha estudiado.

### Género *Orbitolinopsis* Henson, 1948

La descripción del género *Orbitolinopsis* realizada por Henson (1948) y la elección de *Orbitolina? kiliani* Prever como especie tipo del género presentó, desde su origen, una fuerte controversia de nomenclatura. En este trabajo no se pretende entrar en tal controversia y se sigue el criterio establecido por Loeblich y Tappan (1987) que consideran, tanto el género como la especie bajo el nombre propuesto por Henson. Estos autores, en su discusión, consideraron los nombres de los autores anteriores *nomen nudum*.

Henson (1948) describió el género *Orbitolinopsis* como una forma cónica, con los primeros estadios de crecimiento probablemente planispirales y las cámaras siguientes "en forma de plato", como en *Orbitolina*. Indicó la presencia únicamente en la zona marginal de particiones verticales principales que alternan de una cámara a la siguiente. En la zona central sugirió la presencia de particiones entre dos septos consecutivos, que se transforman en un denso retículo hacia el centro de la cámara.

Arnaud-Vanneau (1980) reestudió el género de Henson y realizó un modelo en el que se aprecia la presencia de una estructura interna en cúpulas (Fig. 48A). Según esta autora, el género *Orbitolinopsis* presenta un aparato embrionario simple situa-

do en el inicio de una pequeña espira excéntrica. Las zonas marginal y central de las cámaras están constituidas por estructuras onduladas derivadas del septo (cúpulas) que alternan entre dos estadios de crecimiento sucesivos. La zona marginal puede tener divisiones exoesqueléticas o no. Las camarillas de estadios sucesivos se comunican mediante forámenes en diagonal.

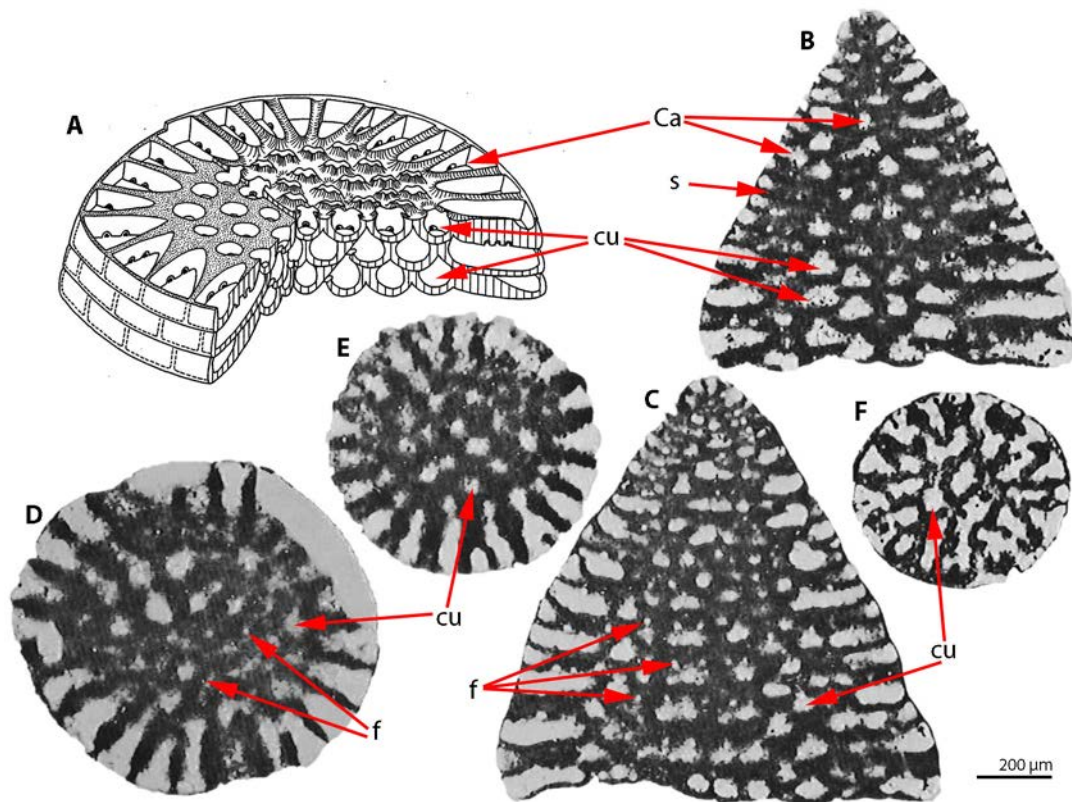
### Descripción actualizada del género *Orbitolinopsis* (Fig. 48)

Concha cónica, tamaño de pequeño a medio. Las cámaras adultas se disponen de manera uniseriada y se dividen internamente en camarillas por repliegues del septo, formando un sistema de cúpulas, que varían de alargadas a semiesféricas. Las cúpulas son alternantes entre dos estadios de crecimiento consecutivos y las camarillas resultantes se comunican por medio de forámenes oblicuos, cuyos ejes son oblicuos entrecruzados. Las cámaras iniciales de las formas macroesféricas forman una pequeña espira que sigue a un embrión simple, ligeramente excéntrico. Para mayor información sobre este género véase Arnaud-Vanneau (1980).

La presencia de cúpulas le diferencia de los demás géneros descritos hasta el momento. Todas las formas son cretácicas. La mayoría de las especies corresponden al Cretácico inferior (Barremiense-Aptiense), aunque estructuras similares se dan también en el Cretácico superior.

### Género *Iraqia* Henson, 1948

Henson (1948) describió el género *Iraqia* (especie tipo: *I. simplex*) del Cretácico inferior de Oriente medio como una forma cónica, con estadio inicial planispiral y cámaras en forma de plato (*saucer-shaped* en inglés) dispuestas uniserialmente. La zona marginal presenta divisiones principales y



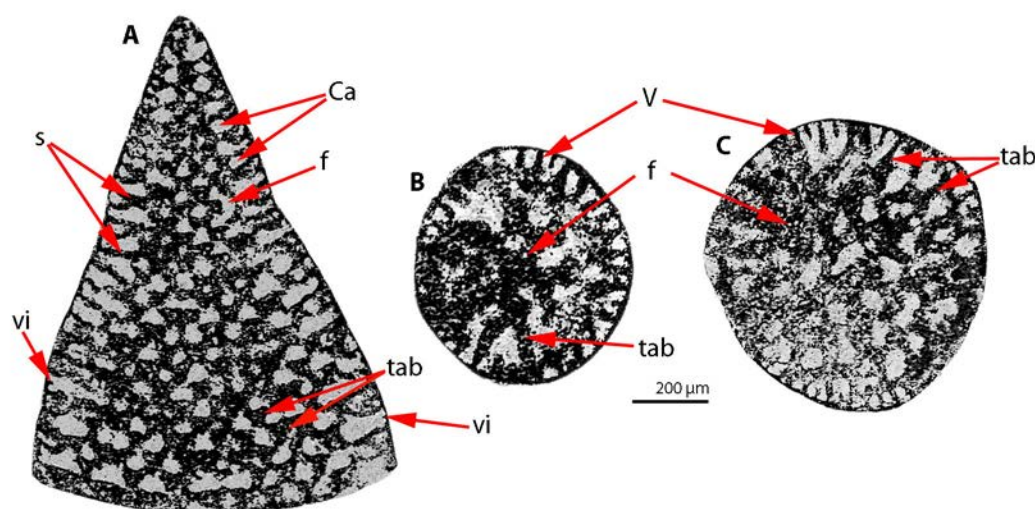
**Figura 48.** *Orbitolinopsis kiliani*. A: modelo 3D de la organización interna. B, C: secciones axiales, donde se observa la pequeña espira que sigue al embrión y la estructura en cúpulas que caracteriza este género. Nótese los forámenes oblicuos en la zona central. D-F: secciones transversas en estadios de crecimiento sucesivos. En todas ellas se aprecian las cúpulas. Ca: camarilla; cu: cúpula; f: foramen; s: septo. Modelo sin escala. Fotografías y modelo extraídos de Arnaud-Vanneau (1980). Todas las fotografías x50.

placas sub-epidérmicas. El interior de las cámaras muestra particiones, que derivan de las particiones marginales principales, formando pequeñas camarillas que en el centro se anastomosan. Henson (1948), en su clave de determinación, sostiene que *Iraqia* es próximo a *Orbitolinopsis*, pero se diferencia de este por la presencia de placas sub-epidérmicas. También estableció que la zona central era más simple que en *Orbitolinopsis*.

#### Descripción actualizada del género *Iraqia* (Fig. 49)

La identificación de este género en trabajos posteriores a Henson ha resultado discutida debido a la escasa figuración dada por el au-

tor (Fig. 49 A-C). No obstante, en las figuras originales se observan las siguientes características: concha cónica, de base plana o ligeramente cóncava, la pared de las cámaras es fina (epidermis) y la zona marginal presenta retículo subepidérmico, aunque escasamente desarrollado. Las vigas principales se engrosan hacia el interior de las cámaras y se transforman en tabiques que individualizan camarillas, y que se anastomosan en la zona radial. Estos tabiques, a diferencia de *Orbitolina*, no son en zigzag. Los forámenes intracamerales siguen la típica disposición oblicua entrecruzada. Las imágenes parecen indicar que las cámaras que siguen al aparato embrionario, el cual es simple, están dispuestas de manera planispiral pero



**Figura 49.** *Iraquia simplex*. A: sección axial donde se observa el inicio aparentemente sin espira y las numerosas cámaras discoidales adultas. En esta sección se aprecian incipientes viguecillas, aunque muy poco desarrolladas. El interior de las cámaras está dividido por tabiques que individualizan camarillas. B, C: secciones transversas de diferentes estadios de crecimiento. Ca: camarilla; f: foramen; s: septo; tab: tabique; V: viga; vi: viguecilla. Fotografías extraídas de Henson (1948). Todas las fotografías x 50.

rápida­mente pasan a ser discoidales. Aunque Henson (1948) indica la semejanza entre los géneros cretácicos *Orbitolinopsis* e *Iraquia*, estos se diferencian perfectamente, por la presencia de cúpulas en *Orbitolinopsis* y tabiques en *Iraquia*. El género *Iraquia* caracteriza el Cretácico inferior (Aptiense).

**Síntesis.** En los primeros 50 años del siglo XX se añadieron a *Orbitolina* y *Coskinolina*, 4 nuevos géneros válidos: *Dictyoconus* (del Paleógeno; la adjudicación a este género de las formas cretácicas es discutida); *Orbitolinopsis* (del Cretácico inferior y superior); *Coskinoloides* (del Cretácico inferior); e *Iraquia* (del Cretácico inferior). Todos ellos presentan estructuras esqueléticas claramente distintas, que permiten su diferenciación de manera clara.

El género *Lituonella* Schlumberger, 1905, se considera sinónimo de *Coskinolina*. El género *Kilianina* Pfender, 1933, del Jurásico e incluido por Loeblich y Tappan (1987) en

la familia Orbitolinidae, presenta un interior de las cámaras dividido en cúpulas. No será tratado en esta recopilación, ya que la presente tesis está dedicada principalmente a los foraminíferos aglutinados, cónicos y complejos del Cretácico y Paleógeno.

La morfoestructura de los géneros *Lituonelloides* Henson, 1948 (Cretácico superior) y *Dictyoconella* Henson, 1948 (Cenomanien­se), ambos de Oriente Medio, deberán ser estudiados detalladamente en el futuro. Esto es debido a que las figuraciones dadas por Henson (1948) las apartan de los orbitolinoideos, a diferencia de lo sugerido por Loeblich y Tappan (1987) y Kaminski (2014). El género *Coskinolinopsis* Henson, 1948, es sinónimo de *Orbitopsella* (Jurásico inferior).

La descripción original del género *Pseudorbitolina* Douvillé, 1910, no ha permitido precisar su estructura interna, por lo que en esta tesis no se ha tenido en cuenta.

### 4.3. GÉNEROS DESCRITOS EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

#### Etapa 1950-1970

##### Género *Simplorbitolina* Ciry y Rat, 1953

Ciry y Rat describieron el género *Simplorbitolina* (especie tipo: *S. manasi*) como especímenes de pequeño tamaño, cónicos y con las primeras cámaras ligeramente excéntricas. La zona marginal está dividida por particiones verticales y ocasionalmente horizontales. Las particiones verticales principales se adentran hacia el centro de la cámara en zigzag (de manera intermedia entre *Orbitolina* y *Dictyoconus*). Estas particiones son más gruesas en la base de las cámaras y se "rompen" formando pilares hacia el techo de estas. Las aberturas tienden a estar alineadas en la cara apertural a lo largo de las particiones principales.

Douglas (1960) transfirió *Dictyoconus arabicus* al género *Simplorbitolina*.

Schroeder en Schroeder y Neumann (1985) estudió este género en detalle. En esta tesis, su descripción se ha retomado en la descripción actualizada del género, aunque la terminología aplicable a las distintas estructuras se ha adecuado a las descritas en el capítulo III.

##### Descripción actualizada del género *Simplorbitolina* (Fig. 50)

Concha cónica, de tamaño medio. Las cámaras adultas son discoidales y su disposición uniseriada. La pared de la cámara es fina (epidermis). Las cámaras presentan en su zona marginal un exoesqueleto formado por vigas y viguecillas; aunque estas últimas son muy poco desarrolladas en la especie tipo, se considera que este género posee un esqueleto de tipo reticular subepidérmico.

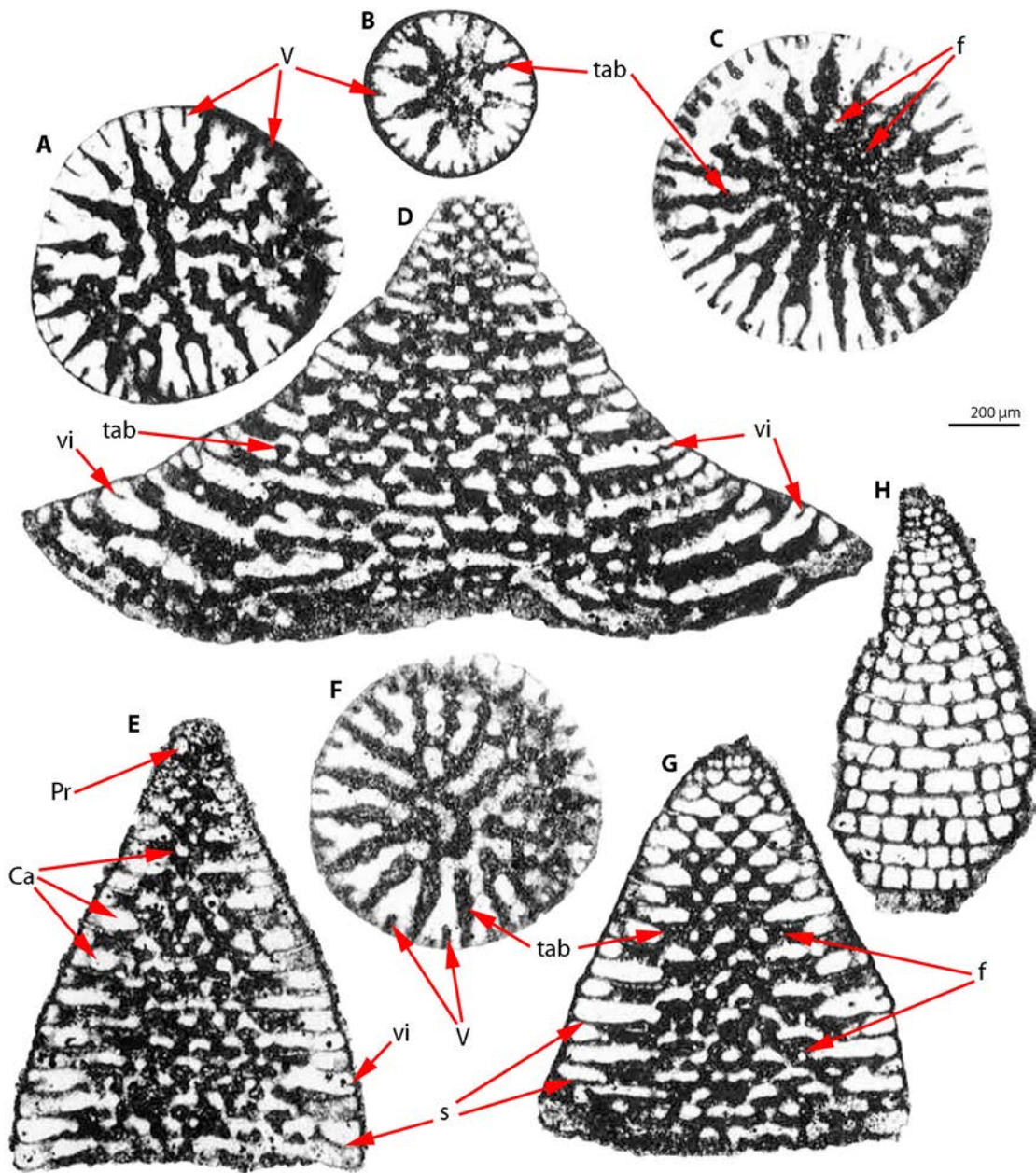
Las vigas principales, al prolongarse hacia la zona central de la cámara (parte radial), dan lugar a tabiques más o menos ondulados que se anastomosan formando un retículo central (parte reticular). Las aberturas se sitúan en depresiones a ambos lados de los tabiques, recordando la disposición típica del género *Orbitolina*, aunque más simple. El embrión megalosférico es simple y en posición excéntrica, seguido de una pequeña espira que lo rodea totalmente (véase Schroeder en Schroeder y Neumann, 1985; lám. 20, Fig. 14, 15). El género *Simplorbitolina*, a diferencia de *Iraqia*, presenta tabiques ondulados. Este género caracteriza el Cretácico inferior (intervalo Aptiense-Albiense).

##### Género *Fallotella* Mangin, 1954

Mangin describe, en 1954, un nuevo foraminífero cónico del Paleógeno bajo el nombre de *Fallotella* (especie tipo: *Fallotella alavensis* Mangin, 1954). Se trata, según el autor, de un foraminífero aglutinado cónico, de pequeño tamaño, con las primeras cámaras formando una espiral y las cámaras adultas uniseriadas. La zona marginal está ocupada por divisiones verticales. En general no presenta divisiones horizontales, pero en algunos casos puede tenerlas. Hottinger y Drobne (1980) dividieron el género *Fallotella*, basándose en los estadios iniciales, en dos subgéneros: *Fallotella* (*Fallotella*) y *F. (Daviesiconus)*, pero Loeblich y Tappan (1987) elevaron *Daviesiconus* a categoría de género debido a la posición del aparato embrionario. Vicedo et al. (2014), crearon el género *Pseudofallotella* para incluir los morfotipos con viguecillas.

##### Descripción actualizada del género *Fallotella* (Fig. 51)

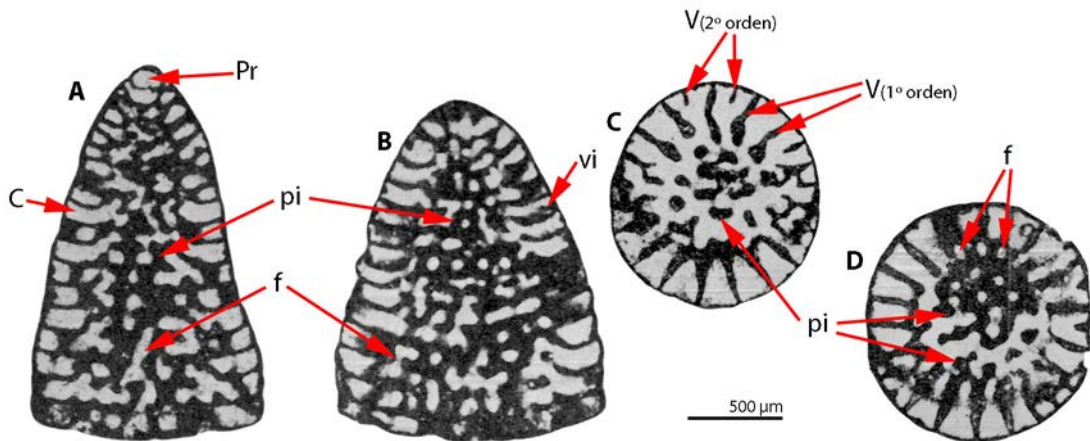
Foraminífero cónico, de tamaño pequeño a medio y disposición de las cámaras adultas uniseriada. La pared es relativamen-



**Figura 50.** *Simplorbitolina manasi*. A-C, F: secciones transversas de distintos estadios de crecimiento, donde pueden observarse las vigas del exoesqueleto y los tabiques ondulados del endoesqueleto. D: sección axial de un individuo microsérico; en esta sección se observan viguecillas en las cámaras adultas. E: sección axial de un individuo macrosérico. G: sección subaxial. H: sección tangencial. Ca: camari-lla; f: foramen; Pr: porlóculo; s: septo; tab: tabique; V: viga; vi: viguecilla. Fotografías extraídas de Schroeder y Neumann (1985). Todas las fotografías x 50.

te gruesa (carece de epidermis) y la zona marginal está ocupada por un exoesqueleto formado por vigas, raramente viguecillas, que limitan alcobas. La zona central está ocupada por un endoesqueleto formado por pilares. Estos son alternantes en-

tre dos estadios de crecimiento sucesivos, al igual que en *Coskinolina* y *Dictyoconus*, con los cuales se presenta asociado. El embrión macrosérico está en posición apical y las cámaras juveniles se disponen formando una trocospira baja muy reducida.



**Figura 51.** A-D: *Fallotella alavensis*. A: sección axial con el embrión macrosférico en posición apical. En la zona marginal de las cámaras se aprecian esporádicamente incipientes viguecillas. El centro de la cámara está ocupado por pilares. B: sección subaxial. C, D: secciones transversas ligeramente oblicuas. Obsérvese las vigas bien desarrolladas de primer y segundo orden en la zona marginal, los pilares y los forámenes intracamerales en la zona central. C: cámara; f: foramen; pi: pilar; Pr: prolóculo; V: viga; vi: viguecilla. Fotografías A-D extraídas de Hottinger y Drobne (1980). Todas las fotografías x25.

En este trabajo se considera: 1) *Daviesiconus* como un subgénero de *Fallotella* ya que únicamente se diferencia de este último por la disposición del aparato embriionario y las primeras cámaras. Aunque lo consideremos en este trabajo como subgénero, en la mayoría de publicaciones ha sido utilizado como género. 2) El género *Pseudofalotella* se diferencia únicamente de *Fallotella* por la presencia de incipientes viguecillas; si la presencia de estas viguecillas debe ser considerado un carácter genérico o específico deberá ser discutido en un futuro, dado que ocurre en otros géneros. El género *Falotella* sensu lato caracteriza el intervalo Paleoceno-Eoceno.

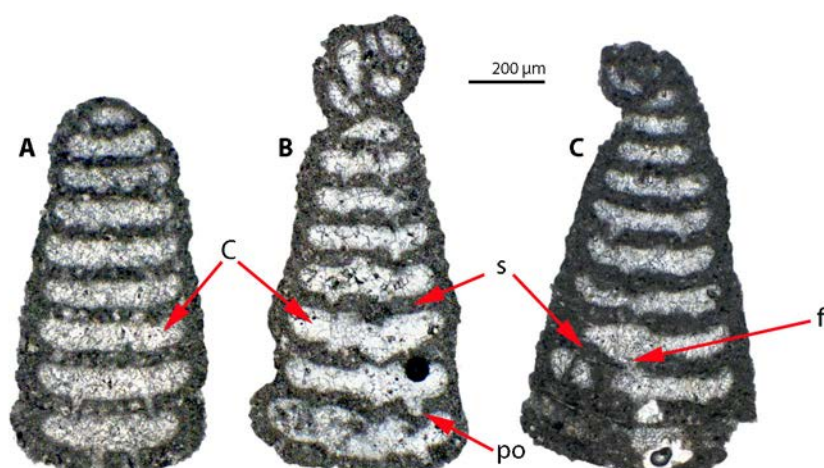
#### Género *Pseudolituonella* Marie, 1955

La especie tipo *P. reicheli* Marie, 1955, fue definida por las siguientes características: concha cónica, más alta que ancha, con las cámaras iniciales formando una trocospira. Las cámaras adultas se disponen uniserial-

mente. Su interior presenta estructuras en forma de pequeños pilares que se proyectan hacia el techo de las cámaras a partir de los márgenes de las aberturas circulares, pero sin llegar al techo de las cámaras. La zona marginal carece de estructuras y también de aberturas, las cuales están situadas en el área central formando una criba de grandes orificios redondeados. Prestat, en Schroeder y Neumann (1985), revisó este género y estableció las relaciones entre algunas de las especies descritas.

#### Descripción actualizada del género *Pseudolituonella* (Fig. 52)

Morfología cónica alta con las cámaras adultas en disposición uniserial. Pared aglutinada relativamente gruesa. La presencia de pseudo-kerioteca, indicada por algunos autores, no se ha observado en el material disponible para esta tesis (procedente de diversas localidades cenomanienses, Fig. 52). Las cámaras carecen de estructuras exoesqueléticas. La cara apertural presenta numerosas aberturas dispuestas en cri-



**Figura 52.** *Pseudolituonella reicheli*. A: sección subaxial. B, C: secciones axiales. C: cámara; f: foramen; po: perístoma; s: septo. Todas las fotografías x50.

ba. Las aberturas son grandes, redondeadas y rodeadas por un collarín o reborde (peristoma) muy marcado, que se extiende formando un "endoesqueleto" hacia la cara apertural. El embrión macroesférico es simple y las cámaras iniciales presentan disposición trocospiral. *Pseudolituonella*, aunque presenta las cámaras adultas uniseriadas, carece de las estructuras endoesqueléticas típicas de los verdaderos orbitolinoideos. La falta de estas estructuras lo aleja de la superfamilia Orbitolinoidea. Caracterizan el Cretácico superior (Cenomaniense).

#### "*Pseudolituonella*" en el Terciario

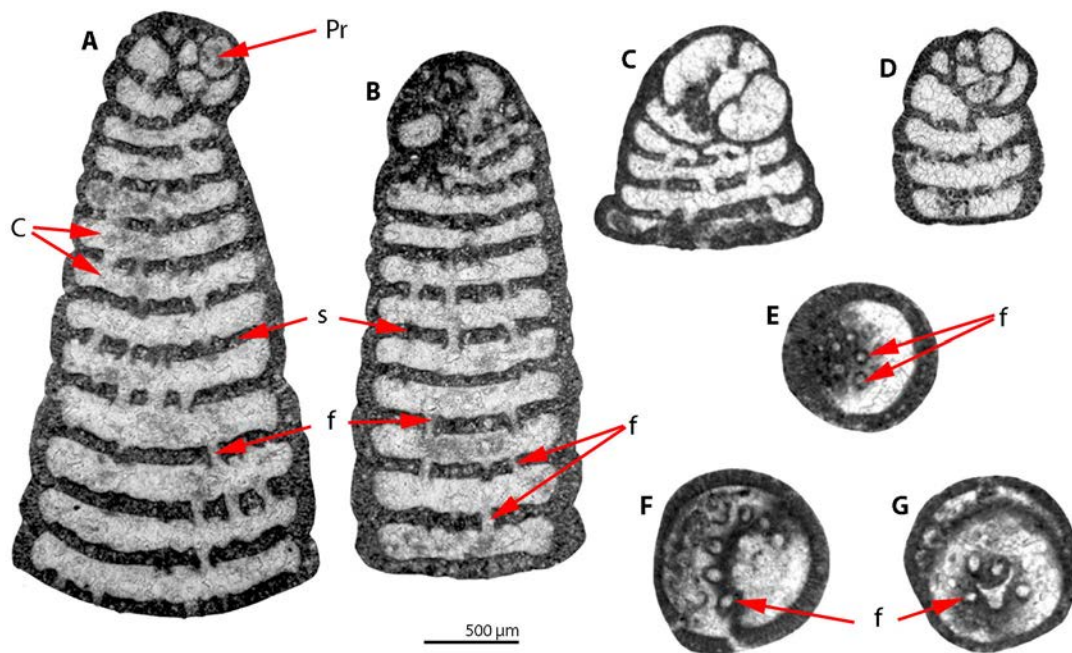
Tedeschi y Papetti (1964) citaron el género *Pseudolituonella* en el Luteciense de Libia, y Serra-Kiel y Gallardo (2016) describieron una nueva especie (*P. robineti*, Fig. 53) del Eoceno de Dhofar (Península Arábiga, Omán; Serra-kiel et al., 2016). No obstante, *P. robineti* a diferencia de *P. reicheli*, presenta pared pseudo-keriotecal. El estudio de ejemplares de "*Pseudolituonella*" del Eoceno medio-superior de Irán (Fars, Montañas del Zagros) puestos a nuestra

disposición por E. Nazarieh (Universidad de Teherán) ha permitido confirmar la pared pseudo-keriotecal de las formas paleógenas. Sin embargo, merece la pena citar que esta particularidad de la pared no es visible en todos los ejemplares terciarios analizados. Además, Serra-Kiel et al. (2016) crearon un nuevo género, *Socotraella*, del Oligoceno de Dhofar que guarda también relación con *Pseudolituonella*, aunque según se deduce de las figuras de este trabajo (Fig. 53 en Serra-Kiel et al., 2016) los elementos "endoesqueléticos" que rodean las aberturas son prácticamente inexistentes. Además, los autores indican que la textura de éste último género es diferente de *Pseudolituonella robineti*.

#### Género *Abrardia*

Neumann y Damotte, 1960

Hofker (1955) describió un pequeño foraminífero cónico del Cretácico superior de Aquitania (SW de Francia) bajo el nombre de *Dictyoconus mosae*. Sin embargo, Neumann y Damotte (1960) transfirieron el citado taxón al nuevo género *Abrardia*



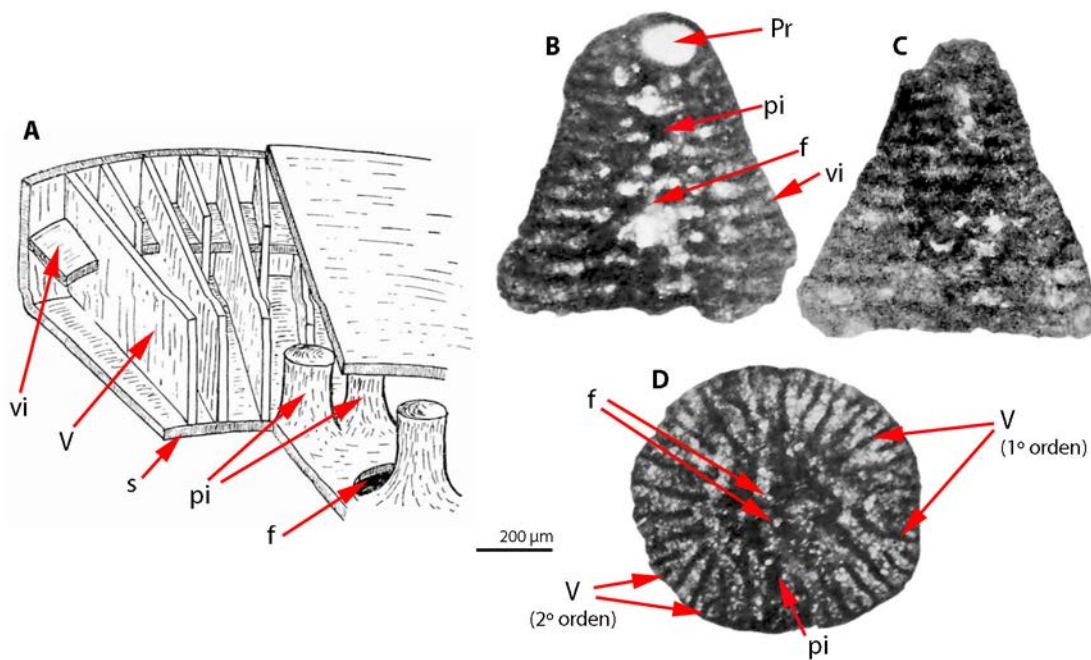
**Figura 53.** *Pseudolituonella robineti*. A-D: secciones longitudinales centradas. E-G: secciones transversas. C: cámara; f: foramen; Pr: porolúculo; s: septo. Fotografías extraídas de Serra-kiel et al. (2016). Todas las fotografías x25.

(especie tipo: *Dictyoconus mosae* Hofker). Estas autoras definieron el nuevo género como un foraminífero cónico de base circular, plana o convexa y trocospira inicial. En la zona marginal, habría dos filas de camarillas regulares, mientras en la zona central se identificarían un número reducido de pilares irregulares, que recordarían las zonas centrales de *Coskinolina* y *Dictyoconus*. El modelo de Neumann y Damotte (Fig. 54A) sugiere la existencia, en la zona marginal, de elementos esqueléticos radiales verticales de dos órdenes (en función de su longitud) y elementos horizontales. La parte central de la cámara está ocupada por pilares, entre los que se sitúan las aberturas. La relación de los tabiques principales con los pilares no queda clara ni en el modelo ni en los especímenes figurados, ya que aparecen parcialmente disueltos (Fig. 54B-D).

#### Descripción actualizada del género *Abrardia* (Fig. 54)

Se trata de una forma cónica, de pequeño tamaño. La observación de las figuras de Neumann y Damotte (1960) sugieren la presencia de un exoesqueleto reticular subepidérmico formado por vigas de diferentes órdenes y vigeuillas. Las vigas de mayor orden se proyectan hacia la parte interna de la cámara, donde aparentemente se vuelven más gruesas (Fig. 54D); su disposición recuerda las vigas del género ataxofragminóideo *Dictyopsella*. No obstante, a diferencia de *Dictyopsella*, *Abrardia* presenta estructuras endoesqueléticas en forma de pilares, aunque la morfología de estos no es clara. Las características de este género, basadas tanto en la especie tipo, *A. mosae* de Aquitania (SW de Francia), como en la especie *A. catalunica* descrita por Bilotte (1974) del Pirineo (NE de





**Figura 54.** *Abrardia mosae*. A: modelo 3D. B: sección axial donde se puede observar estructuras exoesqueléticas. C: sección subaxial. D: sección transversa con vigas de distinta longitud y pilares. f: foramen; pi: pilar; Pr: prolóculo; s: septo; V: viga; vi: viguetilla. Modelo sin escala. Modelo y fotografías extraídas de Neumann y Damotte (1960). Fotografías x50.

España), están actualmente en estudio. *Abrardia* caracteriza el Cretácico superior (Campaniense-Maastrichtiense).

### Género *Neiraqia* Danilova, 1963

Género descrito por Danilova (1963) de los Balcanes (especie tipo: *N. convexa*) y reestudiado por Schroeder en Schroeder y Neumann (1985), quienes la definen como forma cónica, de tamaño medio. Los especímenes macroesféricos constan de un embrión situado en posición apical, y formado por a) una protoconcha globular, no dividida y rodeada por una pared muy fina, no siempre visible; b) la deuterconcha, globular o elipsoidal, que rodea totalmente la protoconcha (Fig. 55A). La pared de la parte inferior de la deuterconcha presenta varios lóbulos, que corresponden a invaginaciones de la misma; c) la zona periembrionaria, dispuesta a continuación de

la deuterconcha y antes de la primera cámara postembrionaria, presenta particiones incompletas (*cloisonnement* en francés).

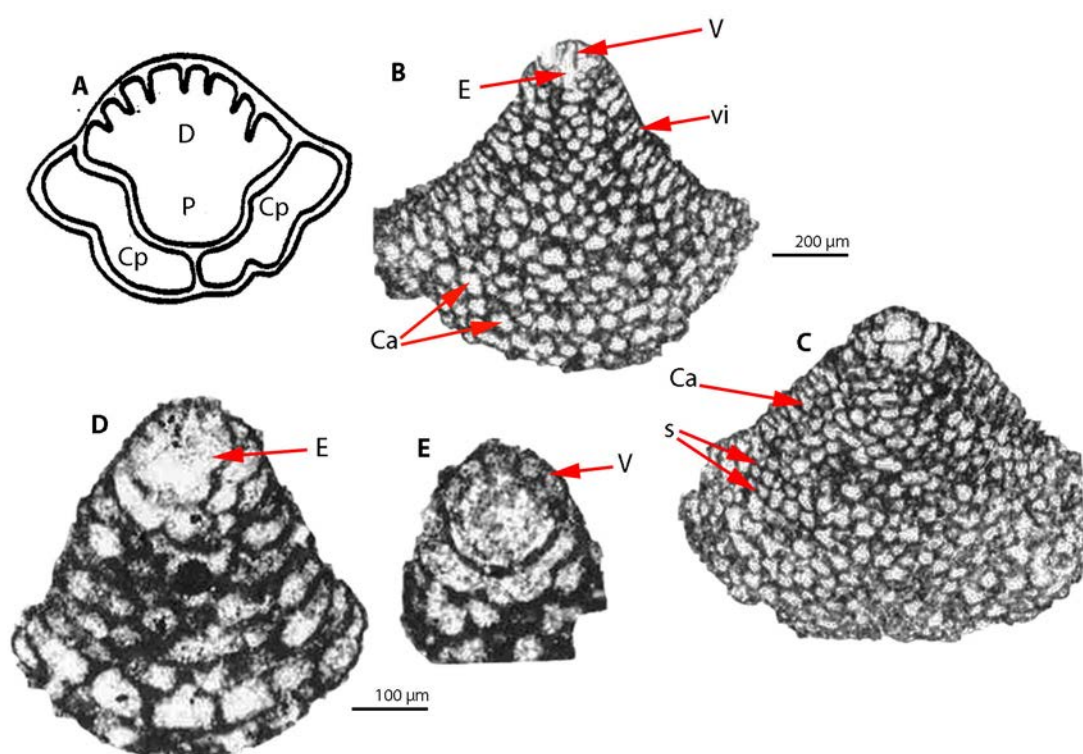
Las cámaras postembrionarias presentan una zona marginal dividida por tabiques verticales, que alternan de una cámara a la siguiente. En su interior presentan uno o dos tabiquecillos verticales y raramente horizontales. La zona central, que comprende la parte radial y la reticulada descritas para el género *Orbitolina*, es homogénea. Está formada por camarillas, que alternan de una cámara a la siguiente. Según Schroeder, en Schroeder y Neumann (1985), el suelo de las camarillas es abombado y el espacio entre dos septos consecutivos se rellena mediante la parte proximal de las camarillas del estadio de crecimiento siguiente. En la parte interna de la zona central los tabiques (*cloisons* en francés), que se forman por la unión de las

paredes laterales de las dos camarillas adyacentes, son generalmente masivos. Las aberturas son oblicuas y su comunicación entrecruzada.

### Descripción actualizada del género *Neoiraqia* (Fig. 55)

Forma cónica y disposición de las cámaras uniseriada. La pared externa es relativamente fina (epidermis). La zona marginal, muy reducida, presenta vigas muy finas de dos o tres órdenes que alternan de una cámara a la siguiente. Las viguecillas son raras. La zona central, que ocupa la práctica totalidad de la concha, presenta numerosas camarillas hemisféricas que recuerdan el sistema en cúpulas del género

*Orbitolinopsis*, pero de aspecto más desordenado. En realidad, cada camarilla parece corresponder a una pequeña cúpula cuyas paredes laterales se adhieren dando la morfología de un tabique. Los forámenes son pequeños, oblicuos y su comunicación entrecruzada. El aparato embrionario megaloesférico es apical y complejo, constituido por la protoconcha globular, la deutoconcha hemisférica con elementos exoesqueléticos (vigas) y la zona periembrionaria dividida. Es un género fácil de reconocer, pero su estructura de detalle deberá ser estudiada en un futuro. El género *Neoiraqia* caracteriza el final del Cretácico inferior y el inicio del Cretácico superior (Albiense-Cenomaniense).



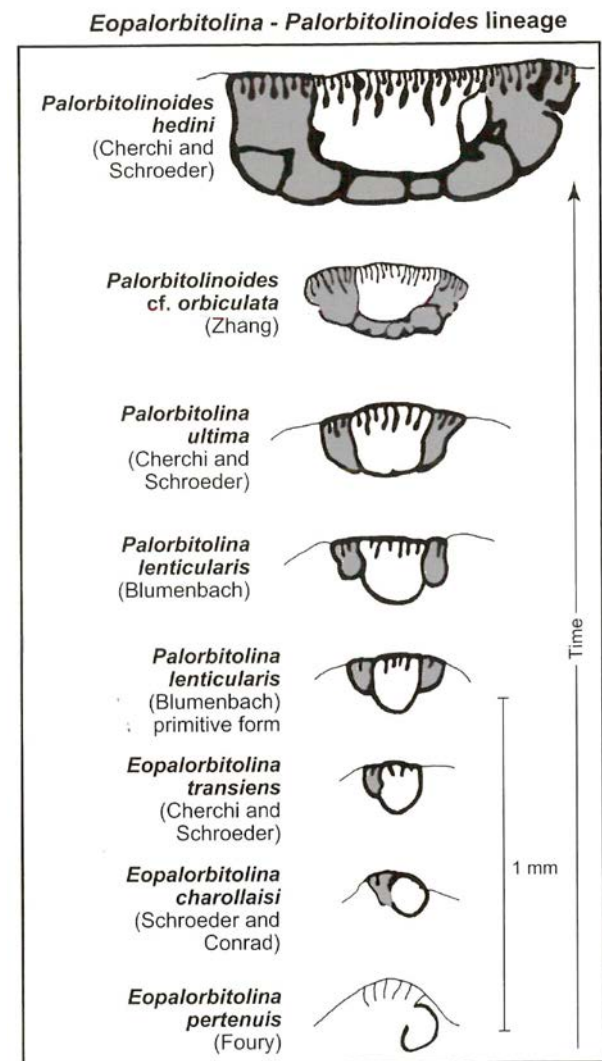
**Figura 55.** *Neoiraqia convexa*. **A:** esquema del aparato embrionario. **B, C:** secciones axiales de especímenes megalosféricos. Obsérvese el embrión apical y complejo. **D, E:** detalles del embrión y primeros estadios post-embrionarios. **Ca:** camarilla; **Cp:** cámara periembrionaria; **D:** deutoconcha; **E:** embrión; **P:** protoconcha; **s:** septo; **V:** viga; **vi:** viguecilla. Modelo del embrión sin escala. Esquema extraído de Arnaud-Vanneau (1980); fotografías extraídas de Schroeder y Neumann (1985). Fotografías B, C x50; fotografías D, E x100.

### Género *Palorbitolina* Schroeder, 1963 (emendado Arnaud-Vanneau, 1980)

Género creado por Schroeder (1964) para elevar el subgénero *Palorbitolina* (Schroeder, 1963). Arnaud-Vanneau (1980) lo describe como un orbitolínido aplanado con un aparato embrionario complejo ligeramente descentrado. Está formado por protoconcha, deuteroconcha y por una zona periembrionaria anular o semianular. La zona marginal está compartimentada por vigas y viguecillas (*cloisons* y *cloisonnettes* en francés) verticales y horizontales, alternantes de una cámara a la siguiente. La zona central, formada por una parte radial y una parte central donde existe un retículo muy confuso. Dentro de la zona central, las aberturas son oblicuas y se disponen siguiendo líneas diagonales. Esta misma autora, crea dos subgéneros *Palorbitolina* (*Palorbitolina*) y *Palorbitolina* (*Eopalorbitolina*) aunque *Eopalorbitolina* había sido descrito anteriormente como género por Schroeder y Conrad (1968); ya que no considera la posición del aparato embrionario como un criterio genérico. Según Arnaud-Vanneau (1980) *Palorbitolina* difiere de *Orbitolina* por no presentar una zona subembrionaria en el aparato embrionario. Posteriormente, Schroeder et al. (2010) presentaron un modelo de línea filogenética de *Eopalorbitolina*-*Palorbitolina*-*Palorbitolínoides* basándose en las características del embrión (Fig. 56).

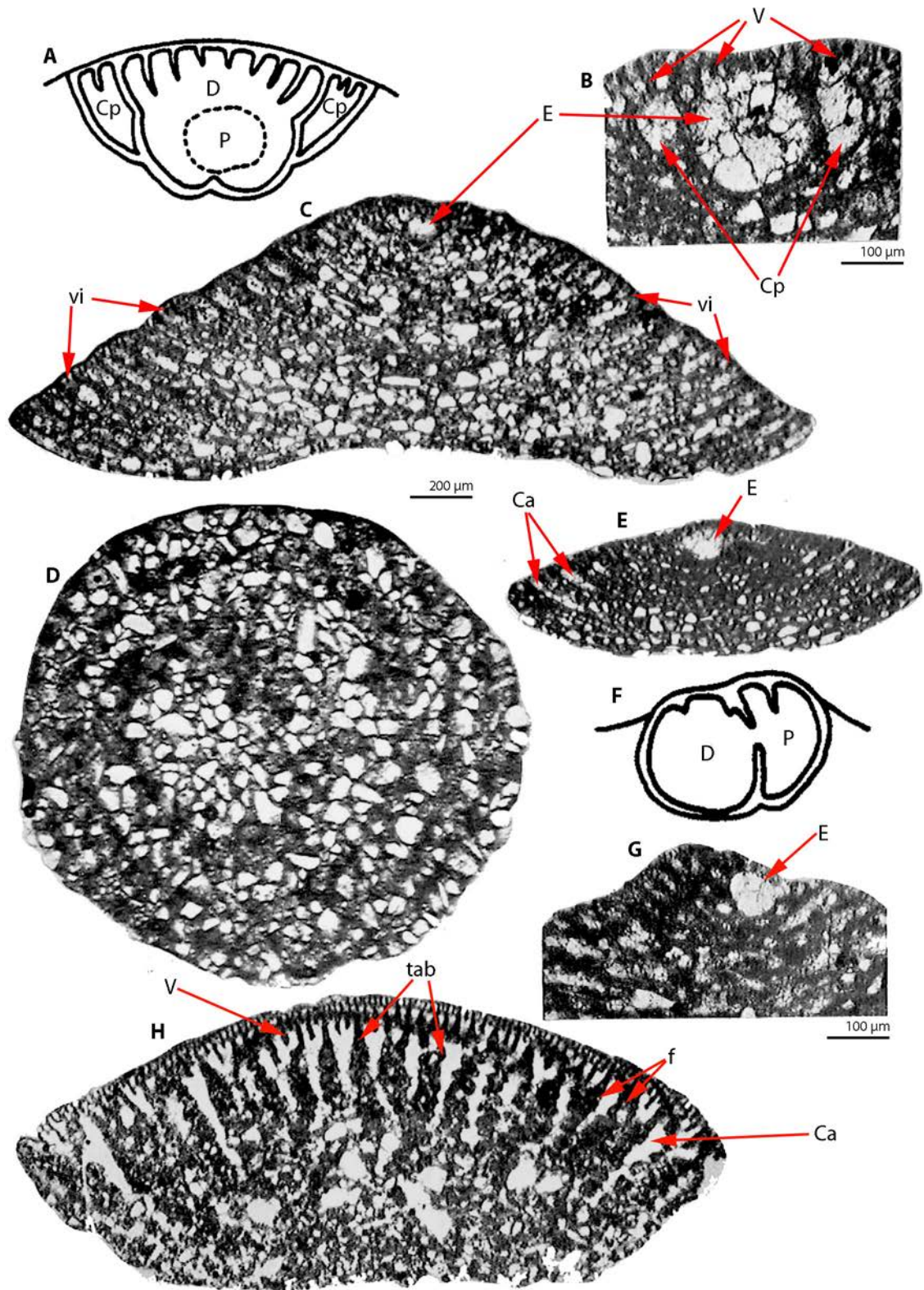
#### Descripción actualizada del género *Palorbitolina* (Fig. 57)

Se trata de una forma morfológicamente próxima a *Orbitolina* (ver descripción en éste capítulo), cuyo aparato embrionario es más simple que las formas incluidas actualmente en el género *Orbitolina* al carecer de cámaras subembrionarias. Se dis-



**Figura 56.** Línea filogenética de *Eopalorbitolina*-*Palorbitolínoides*. Según Schroeder et al. (2010).

tinguen, en función del embrión megaloesférico, dos subgéneros: *Palorbitolina* (*Palorbitolina*) y *Palorbitolina* (*Eopalorbitolina*). El embrión de *Palorbitolina* (*Eopalorbitolina*) está formado por una protoconcha globular y una deuteroconcha simple ubicada en posición excéntrica (Fig. 57 F y G). En *Palorbitolina* (*Palorbitolina*) está formado por protoconcha, una deuteroconcha con particiones verticales (vigas), igual que las cámaras periembrionarias que le siguen (Fig. 57 A y B). El género *Palorbitolina* caracteriza el Cretácico inferior (Barremiense superior-Aptiense inferior).



**Figura 57.** A-E: *Palorbitolina (Palorbitolina) lenticularis*. A: esquema del aparato embrionario complejo. B: detalle del aparato embrionario de una forma macrosférica. C, E: secciones axiales de formas macrosféricas pasando por el aparato embrionario. D: sección transversa. F-H: *Palorbitolina (Eopalorbitolina) charollaisi*. F: esquema del aparato embrionario. G: detalle del aparato embrionario. H: sección transversa dónde se puede ver la disposición de los tabiques en zig-zag y disposición de los forámenes igual que en *Orbitolina*. Ca: camarilla; Cp: cámara periembrionaria; D: deuterocoel; E: embrión; f: foramen; P: protoconcha; tab: tabique; V: viga; Vi: viguilla. Esquemas del embrión sin escala. Esquema y fotografías extraídas de Arnaud-Vanneau (1980). Fotografía B, G x100; fotografías C-E, H x50.

### Género *Campanellula* De Castro, 1964

Especie tipo: *Campanellula capuensis* De Castro 1964 (Fig. 58). Se trata de una forma que varía de cónica a forma de campana, con la base plana o ligeramente cóncava. Los estadios iniciales, relativamente bien desarrollados, son trocospirales y después las cámaras se disponen uniserialmente. Los septos son fuertemente ondulados y las ondulaciones de las sucesivas cámaras son alternantes. Las sucesivas cámaras se comunican por aberturas oblicuas.

#### Descripción actualizada del género *Campanellula* (Fig. 58)

El escaso material disponible para su descripción y estudio hacen imposible la revisión de este género. Aun así, y basándonos en las características morfoestructurales definidas por De Castro, se sugiere que el citado género no pertenece a los orbitolinoideos. Este género se distribuye en el Cretácico inferior (Valanginense-Barremiense).

### Género *Rectodictyoconus* Schroeder, 1964

Según su autor, este género presenta un aparato embrionario apical centrado, cuya deuteroconcha está dividida por elemen-

tos esqueléticos. Las cámaras adultas son discoidales. En ellas se distinguen las zonas marginal, radial y central. La primera presenta tabiques verticales, en número de tres, con el central más largo. Estos tabiques dan lugar a camarillas poligonales. En la zona radial hay tabiques radiales y en la zona central pilares incompletos.

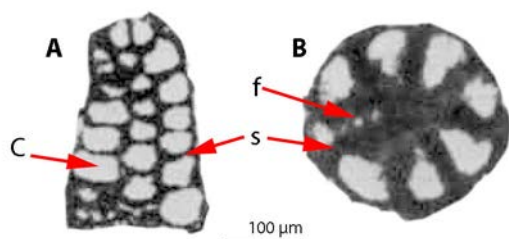
Según Arnaud-Vanneau (1980) es una forma rectilínea con un embrión complejo y localización apical. La zona marginal está subdividida por tabiques verticales y horizontales (*cloisonnettes* en francés). Algunos tabiques verticales se prolongan hacia la zona central. Esta zona está ocupada por pilares (hemipilares) que se reúnen entre sí hacia el techo de la cámara. Los tabiques y los pilares son alternantes de una cámara a la siguiente. Los poros aperturales son subverticales.

#### Descripción actualizada del género *Rectodictyoconus* (Fig. 59)

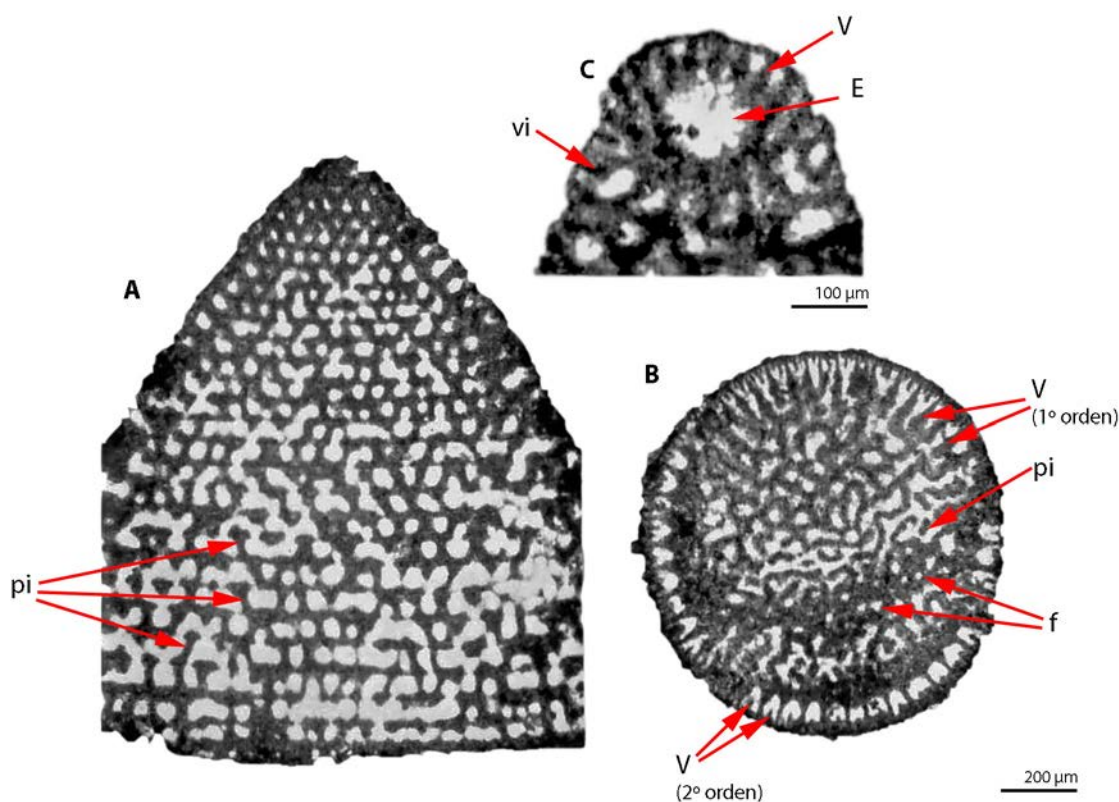
Concha cónico-cilíndrica, de tamaño medio y cámaras discoidales en disposición uniseriada. La zona marginal presenta vigas de dos órdenes (Fig. 59B) y viguetillas que forman un exoesqueleto reticular subepidérmico. La zona central está constituida por pilares que pueden reunirse entre sí en la parte superior de la cámara. El aparato embrionario es complejo y presenta vigas. Este género es característico del Cretácico inferior (Barremiense-Aptiense?).

### Género *Neorbitolinopsis* Schroeder, 1965

En 1965, Schroeder describió el género *Neorbitolinopsis* tomando como especie tipo *Orbitolina conulus* Douvillé, 1912. Este mismo autor reestudió el género en Schroeder y Neumann (1985) y lo describió como formas con dimorfismo acusado, con el aparato embrionario megaloesférico apical y formado por dos elementos: la protoconcha



**Figura 58.** *Campanellula capuensis*. A: sección axial; B: sección transversa. C: cámara; f: foramen; s: septo. Extraído de Loeblich y Tappan (1987). Fotografías x100.



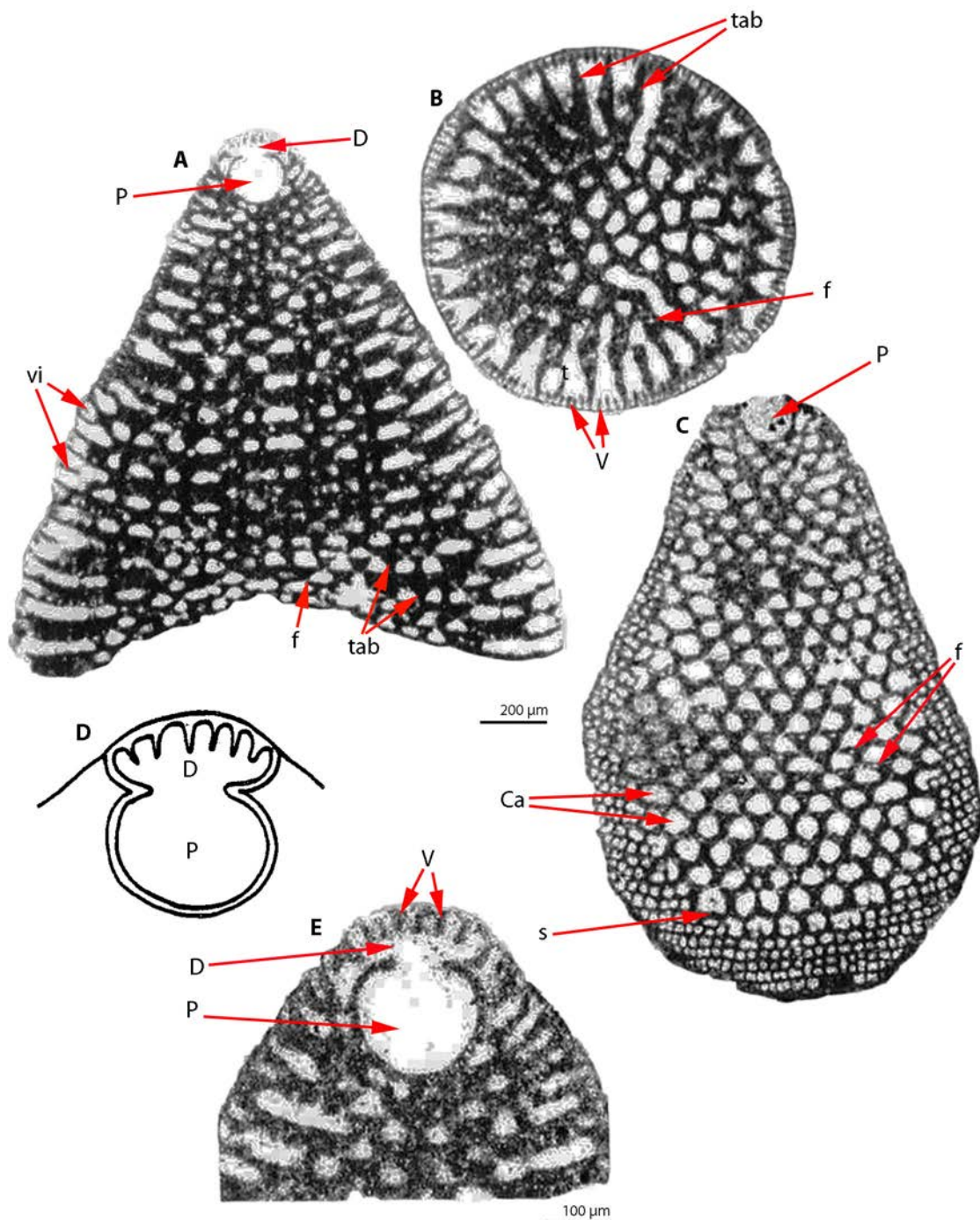
**Figura 59.** *Rectodictyoconus giganteus*. A: sección subaxial. B: sección transversa. C: detalle del aparato embrionario complejo. E: embrión; f: foramen; pi: pilar; V: viga; vi: viguecilla. Extraído de Schroeder (1964). Fotografías A, B x50; fotografías C x100.

globular y la deuteroconcha elipsoidal, superpuesta a la protoconcha y dividida por pequeños tabiques verticales que forman una capa de camarillas rectangulares. Ambas cámaras embrionarias se comunican por una única abertura. Las primeras cámaras postembrionarias son anulares y rodean el embrión, las restantes son discoideas. La zona marginal está dividida por tabiques radiales que individualizan camarillas; cada camarilla muestra tabiques horizontales. La zona central la considera dividida en dos partes: radial y reticulada. La zona radial muestra camarillas de sección triangular, pero las más externas (en la parte más cercana a la zona marginal) son subcirculares. En la zona central, los tabiques radiales se reúnen y forman un retículo regular. Los tabiques alternan de una cámara

a la siguiente. Los orificios aperturales en la zona radial son oblicuos y dispuestos alternativamente en depresiones a un lado y otro de cada tabique.

#### Descripción actualizada del género *Neorbitolinopsis* (Fig. 60)

La figuración dada por Schroeder y Neumann (1985) de los especímenes de la localidad tipo permite describir el citado género como una forma cónica, relativamente alta y con la base plano-convexa. Las cámaras tienen disposición uniseriada y presentan un exoesqueleto reticular subepidérmico, constituido por la clásica epidermis, vigas de varios órdenes y viguecillas. Las vigas principales se prolongan hacia el centro de la cámara formando tabiques, que pueden ondularse, aunque de manera menos evi-



**Figura 60.** *Neorbitolinopsis conulus*. **A:** sección axial donde se ve la protoconcha y la deutoconcha dividida por elementos exoesqueléticos; también pueden verse las viguetillas y los tabiques. **B:** sección transversa con las vigas del exoesqueleto, los tabiques que engrosan hacia el interior de la cámara y el centro reticulado. **C:** sección tangencial con el exoesqueleto reticular, los tabiques alternantes y los ejes de los forámenes oblicuos entrecruzados. **D:** esquema del embrión. **E:** detalle del embrión megaloesférico apical con la protoconcha esférica y la deutoconcha hemisférica y con elementos exoesqueléticos (vigas). **Ca:** camarilla; **D:** deutoconcha; **P:** protoconcha; **s:** septo; **tab:** tabique; **V:** viga; **vi:** viguetilla. Esquema sin escala. Fotografías extraídas de Schroeder y Neumann (1985); esquema del embrión extraído de Arnaud-Vanneau (1980). Fotografías A-C x50; fotografía E x100.

dente que en el género *Simplorbitolina*. La zona central es reticulada (tabiques que se unen entre sí, dejando espacios entre ellos relativamente grandes). Los tabiques individualizan camarillas como en *Orbitolina*. Los estolones, que comunican las camarillas de dos estadios de crecimiento sucesivos, son oblicuos y entrecruzados. El aparato embrionario megaloesférico está constituido por una protoconcha grande y esférica seguida de una deuterconcha hemisférica, apical y relativamente reducida, que presenta vigas. La presencia de zona subembrionaria, o cámaras abrazantes, no ha podido ser determinada a partir de las fotografías dadas por Schroeder y Neumann (1985). El género *Neorbitolinopsis* caracteriza, según Schroeder y Neumann (1985), el Albiense superior.

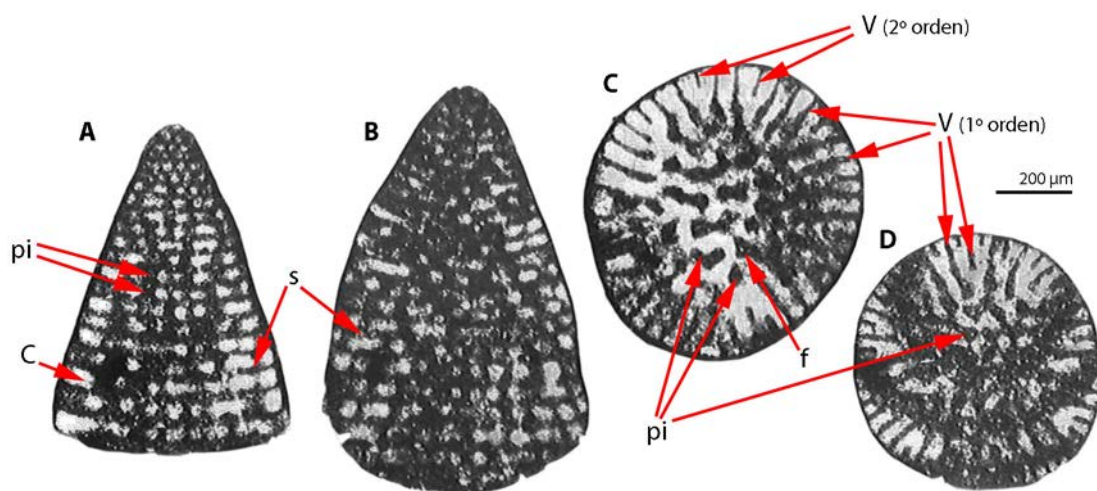
#### Género *Paracoskinolina* Moullade, 1965

Género definido por Moullade, en 1965, para introducir la mayoría de especies cre-

tácicas atribuidas hasta el momento a *Coskinolina*. La especie tipo es *Coskinolina sunnilandensis* Maync, 1955. Arnaud-Vanneau (1980) describe el género *Paracoskinolina* con las siguientes características: aparato embrionario formado por una protoconcha y una deuterconcha simple, que puede ser ligeramente excéntrico. La zona marginal está dividida por tabiques verticales y horizontales. La zona central presenta pilares que no alternan de una cámara a la siguiente, y se ensanchan en la base y en el techo de las cámaras. Los poros aperturales son verticales o subverticales y se alinean desde el ápex del cono a su base.

#### Descripción actualizada del género *Paracoskinolina* (Fig. 61)

La descripción que se da a continuación corresponde a la dada por Arnaud-Vanneau (1980) pero adaptada a la terminología y formato empleados en esta tesis. Se trata de una forma cónica, de tamaño medio con una disposición uniseriada de las



**Figura 61.** *Paracoskinolina sunnilandensis*. A, B: secciones subaxiales próximas a la axial. Nótese la ausencia de viguecillas y los pilares continuos de una cámara a la siguiente. C: sección transversa donde se observan las vigas de varios órdenes, los pilares y los forámenes que atraviesan los septos. D: sección transversa ligeramente oblicua. C: cámara; f: foramen; pi: pilar; s: septo; V: viga. Extraído de Arnaud-Vanneau (1980). Todas las fotografías x50.



cámaras adultas. La pared de la concha es gruesa (no posee epidermis). El interior de la cámara, en su zona marginal, presenta vigas e incipientes viguecillas (exoesqueleto en alcobas). Las vigas son continuas de una cámara a la siguiente. La zona central presenta pilares que, a diferencia de la mayoría de los géneros descritos hasta el momento, son continuos de una cámara a la siguiente. Los forámenes son verticales o subverticales y se alinean desde el ápex del cono a su base. El embrión megaloesférico presenta una protoconcha y una deuterconcha simple, y puede ser ligeramente excéntrico. Es un género fácil de distinguir por la disposición alineada de sus pilares. Ha sido descrito en el Cretácico inferior (Barremiense-Albiense), pero morfotipos similares han sido también identificados en estratos del Cretácico superior del Pirineo. Estas últimas formas, aún no descritas, están actualmente en estudio.

#### **Género *Paleodictyoconus* Moullade, 1965 (emendado Arnaud-Vanneau, 1980)**

Moullade (1965) definió el subgénero *Paleodictyoconus* para la especie *Dictyoconus cuvillieri* Foury, 1963. Arnaud-Vanneau le dio categoría de género y emendó la definición de Moullade. Según Arnaud-Vanneau (1980) este género se caracteriza por un aparato embrionario simple, que puede ser ligeramente excéntrico. La zona marginal dividida por particiones verticales y horizontales, y la zona central dividida por pilaroides o tabiques-pilares. Los poros aperturales son oblicuos y dispuestos según líneas diagonales.

#### **Descripción actualizada del género *Paleodictyoconus* (Fig. 62)**

Concha cónica, de tamaño medio a grande y disposición uniseriada de las cámaras adultas. La zona marginal de las cámaras está

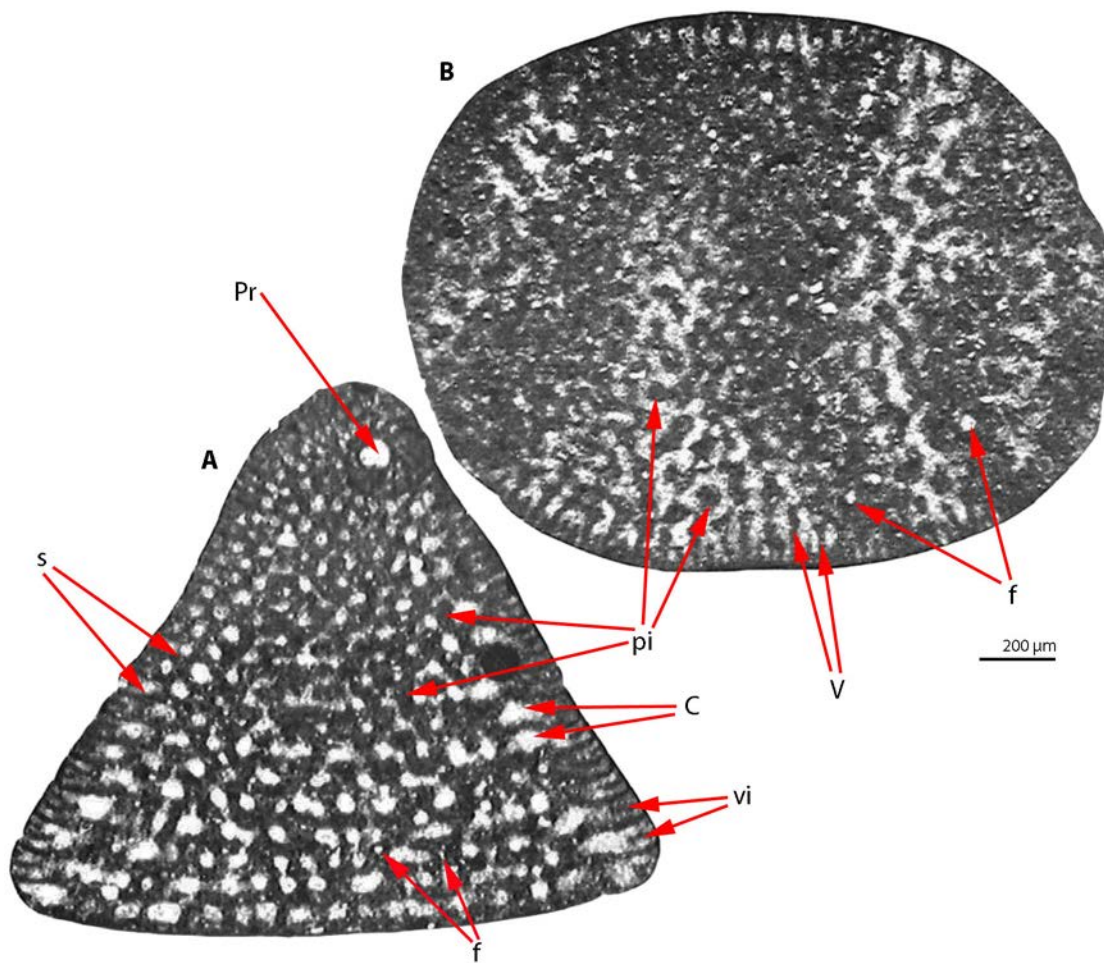
constituida por vigas y viguecillas formando un retículo subepidérmico cubierto por una pared fina (epidermis). La zona central puede presentar pilares (o pilaroides). Los pilares son alternantes de una cámara a la siguiente. Los forámenes son oblicuos y la comunicación entre las cámaras de dos estadios de crecimiento sucesivos es oblicua entrecruzada. El aparato embrionario megaloesférico es simple y está seguido por un conjunto de cámaras formando una trocospira bastante desarrollada. El género *Paleodictyoconus* caracteriza el Cretácico inferior (Valanginiense?-Aptiense inferior), aunque se han descrito formas en el Cretácico superior, cuya pertenencia a este género deberá ser estudiada en el futuro.

#### **Género *Praeorbitolina* Schroeder, 1965**

Éste pequeño orbitolínido, cuya especie tipo es *Praeorbitolina cormyi* Schroeder, 1965, se caracteriza por la presencia de un aparato embrionario generalmente excéntrico constituido por una protoconcha, una deuterconcha simple y una zona subembrionaria. Al aparato embrionario siguen cámaras discoidales dispuestas uniserialmente. La zona marginal con divisiones verticales y horizontales como en el género *Orbitolina*; la zona radial es relativamente ancha y la zona central es reticulada. Schroeder et al. (2010) presentaron un modelo evolutivo de *Praeorbitolina-Mesorbitolina* basándose en las características del embrión (Fig. 63).

#### **Descripción actualizada del género *Praeorbitolina* (Fig. 64)**

Forma morfológicamente similar a *Orbitolina*, pero con un aparato embrionario altamente excéntrico constituido por una protoconcha, una deuterconcha y una zona subembrionaria con vigas. Las cámaras juveniles describen una espira i son seguidas



**Figura 62.** *Paleodictyoconus cuvillieri*. **A:** sección axial con el embrión al inicio de una espira bien desarrollada, exoesqueleto reticular, pilares y forámenes alternantes de una cámara a la siguiente. **B:** sección transversa con vigas de distintos órdenes, pilares y forámenes de pequeño tamaño. **C:** cámara; **f:** foramen; **Pr:** prolóculo; **pi:** pilar; **s:** septo; **V:** viga; **vi:** vigecilla. Extraído de Arnaud-Vanneau (1980). Todas las fotografías x50.

por cámaras discoidales dispuestas uniseriamente. Caracteriza el Cretácico inferior (Barremiense-Aptiense).

#### Género *Urgonina* Foury y Moullade, 1966

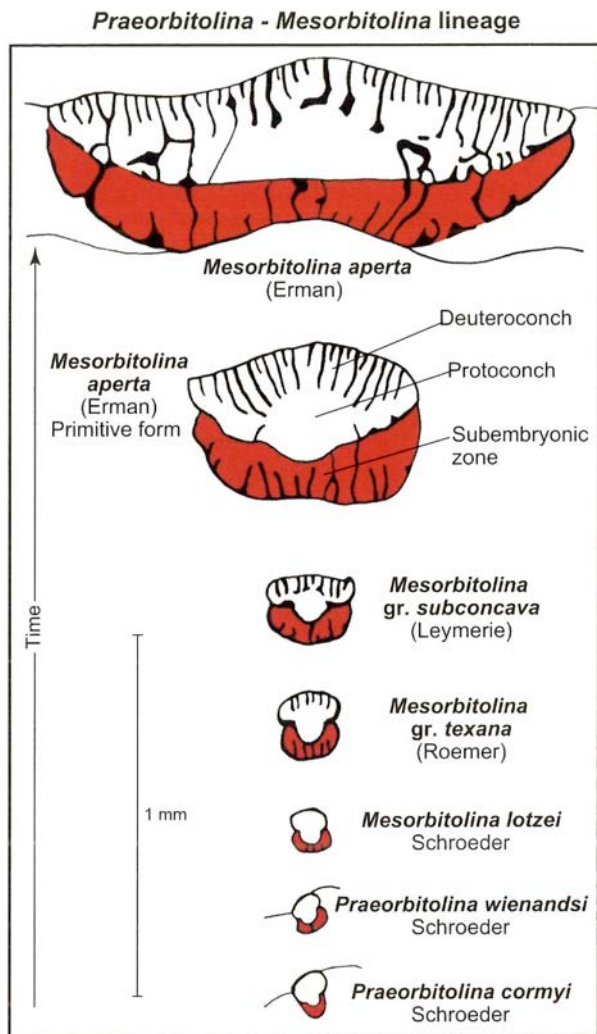
La especie tipo es *Urgonina protuberans* Foury y Moullade, 1966.

Según Arnaud-Vanneau (1980) se trata de una forma cónica, con aparato embriionario simple seguido por una trocospira bien desarrollada, evoluta y excéntrica. La zona marginal periférica no está dividida y los tabiques marginales que aparecen a cierta distancia del margen derivan de

una invaginación del suelo de la cámara. Zona central con pilares y aberturas subverticales.

#### Descripción actualizada del género *Urgonina* (Fig. 65)

Se adopta la descripción de Arnaud-Vanneau (1980), aunque con los cambios nomenclaturales establecidos en esta tesis. Forma cónica, de tamaño medio con disposición uniseriada de las cámaras. La zona marginal carece de elementos exoesqueléticos propiamente dichos, ya que las divisiones observadas corresponden probablemente a una invaginación de la cara



**Figura 63.** Línea filogenética de *Praeorbitolina-Mesorbitolina*. Según Schroeder et al. (2010).

apertural del septo. La parte central de la cámara presenta pilares alternantes entre dos ciclos de crecimiento sucesivos (Fig. 65 B y C). Los forámenes son subverticales. El aparato embrionario es simple y está seguido por una espira bien desarrollada y en posición excéntrica (Fig. 65C). El género *Urgonina* caracteriza el Cretácico inferior (Barremiense).

**Género *Alpillina* Foury, 1968**  
(emendado por Arnaud-Vanneau, 1980)

Especie tipo: *Alpillina antiqua* Foury, 1963. Según Arnaud-Vanneau (1980), el género

*Alpillina* se caracteriza por un aparato embrionario complejo, constituido por la protoconcha, la deuteroconcha y una zona periembrionaria que rodea a ambas. La zona marginal está dividida por tabiques principales y por tabiques más pequeños verticales y horizontales; los tabiques verticales alternan de una cámara a la siguiente. La zona central consta de una parte radial y otra reticulada. Las aberturas se disponen oblicuamente según líneas diagonales.

Esta autora diferenció el género *Alpillina* de *Palorbitolina*, por la posición de la zona periembrionaria, que rodea a la protoconcha y deuteroconcha en *Alpillina* y lateralmente en *Palorbitolina*.

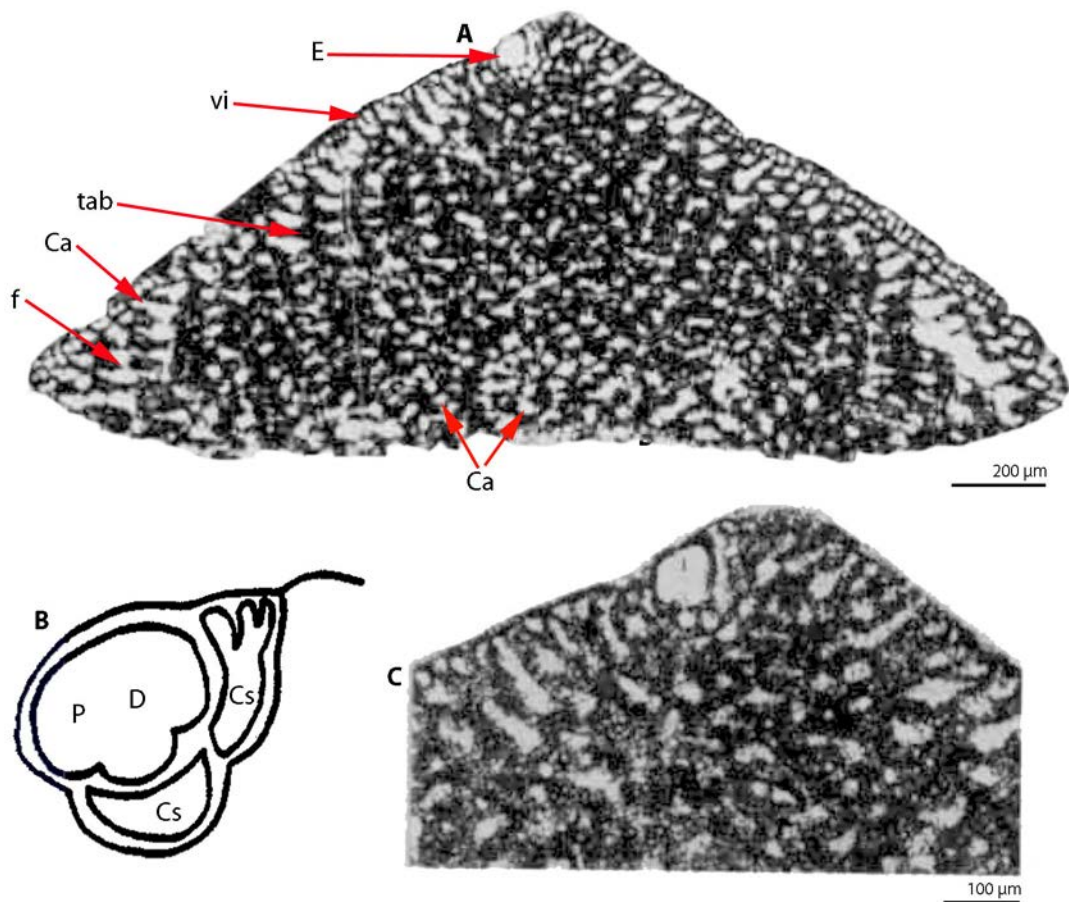
**Descripción actualizada del género *Alpillina* (Fig. 66)**

Morfología cónica, tamaño medio y las cámaras adultas en disposición uniseriada. La pared externa está constituida por la epidermis y la zona marginal presenta vigas y viguecillas formando un retículo subepidérmico. La zona radial presenta tabiques zigzagueantes, aunque en menor grado que en el género *Orbitolina*, mientras en la zona reticular estos aparecen anastomosados formando un retículo. El aparato embrionario megaloesférico es complejo y consta de la protoconcha, la deuteroconcha y la zona subembrionaria que rodea a ambas. El género *Alpillina* caracteriza el Cretácico inferior (Barremiense).

**Género *Eopalorbitolina* Schroeder y Conrad, 1968 (Fig. 56)**

Especie tipo: *E. charollaisi* Schroeder y Conrad, 1968.

Nótese que en esta tesis se ha considerado *Eopalorbitolina* como subgénero de *Palorbitolina*. Véase discusión en la descripción del género *Palorbitolina* en este mismo ca-



**Figura 64.** *Praeorbitolina cormy*. A: sección axial. B: esquema del embrión. C: fotografía de detalle del aparato embrionario y primeras cámaras. Ca: camarilla, Cs: cámara subembrionaria; D: deuteroconcha; E: embrión; f: foramen; P: protoconcha; tab: tabique; vi: viguecilla. Esquema sin escala. Fotografías extraídas de Loeblich y Tappan (1987); esquema extraído de Arnaud-Vanneau (1980). Fotografía A x50; fotografía C x100.

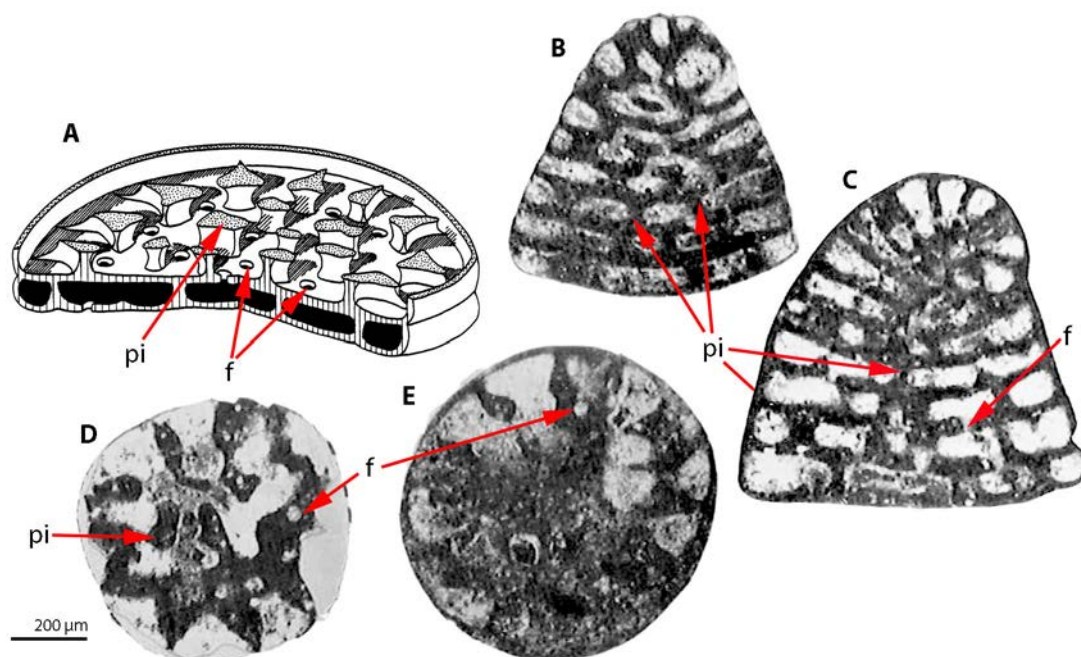
pítulo. El subgénero *Eopalorbitolina* caracteriza el Cretácico inferior (Barremiense).

#### Género *Valserina* Schroeder y Conrad, 1968

Especie tipo: *Valserina bronnimanni* descrita por Schroeder y Conrad (1968) a partir del material original de Sigal y Lis (1963, Fig. 3-5) bajo el nombre de *Iraqia*. Se trata, según los autores, de una forma pequeña con un embrión formado por una protoconcha y una deuteroconcha simple. La parte marginal de las cámaras está dividida por tabiques verticales y horizonta-

les. La parte central consta de las zonas radial y reticulada. La zona radial presenta tabiques.

Arnaud-Vanneau (1980) indicó para este género unas características similares a las descritas por Schroeder y Conrad (1968). Citó un aparato embrionario simple y una espira inicial muy reducida. La zona marginal está dividida por tabiques verticales y horizontales. La zona central está subdividida en una parte radial compartimentada por tabiques radiales más o menos meandriiformes y una parte central reticulada. Las aberturas oblicuas formando líneas diagonales.



**Figura 65.** *Urganina alpillensis*. A: modelo 3D de una cámara. B, C: sección axial y subaxial, respectivamente. Nótese la disposición espiral de los estadios iniciales con los forámenes que comunican estas cámaras iniciales, así como el desarrollo de los pilares en el centro de las cámaras. D, E: secciones transversas. El septo está surcado de forámenes de sección circular. Modelo 3D sin escala. f: foramen; pi: pilar. Modelo sin escala. Modelo y fotografías extraídas de Arnaud-Vanneau (1980). Todas las fotografías x50.

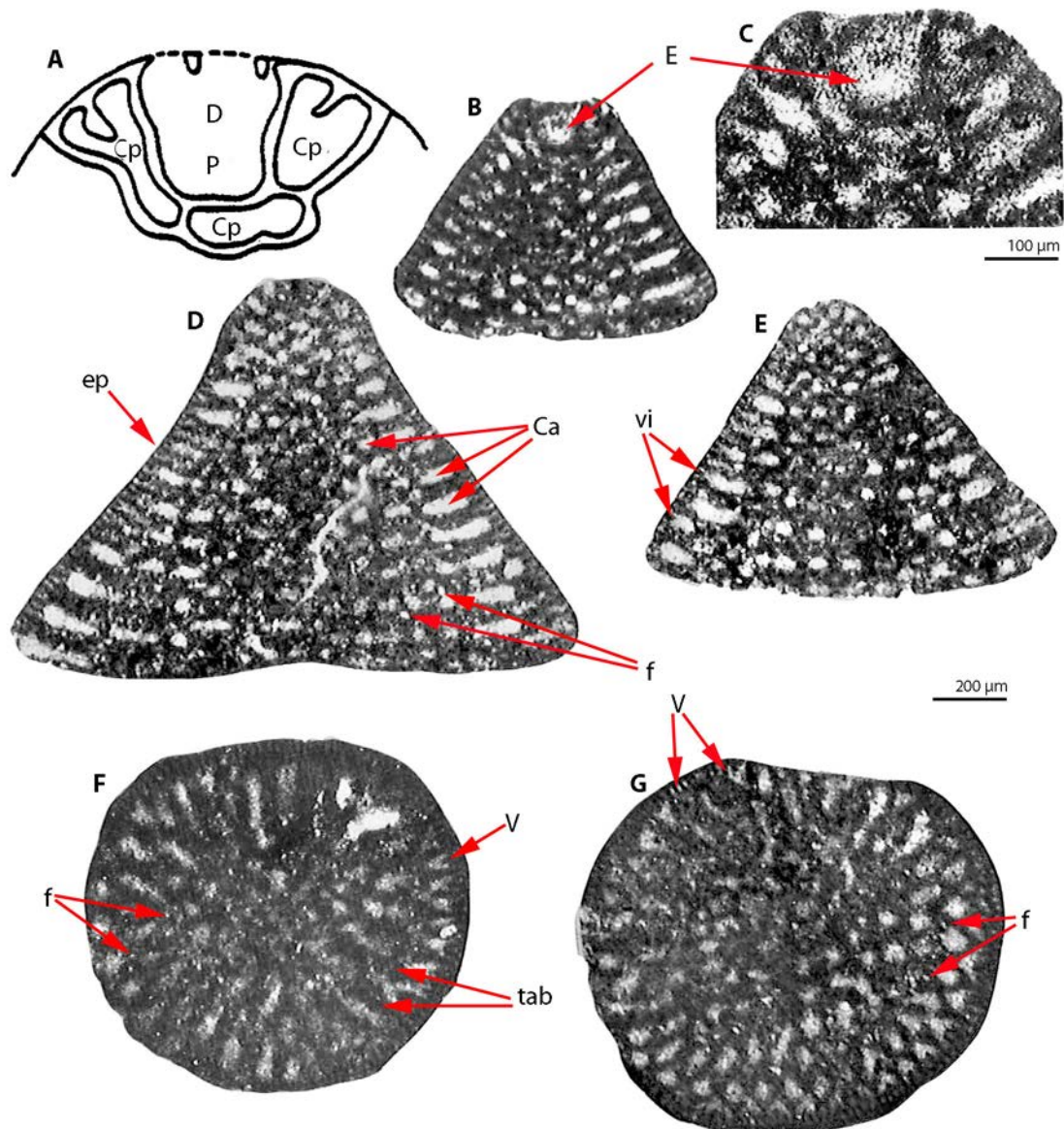
### Descripción actualizada del género *Valserina* (Fig. 67)

Forma cónica, de tamaño medio. La zona marginal de las cámaras presenta vigas y viguercillas, con epidermis; las vigas son alternantes de una cámara a la siguiente. En la zona central, que presenta tabiques meandriformes alternantes de una cámara a la siguiente, se distingue una zona radial con los tabiques bien individualizados y una zona reticular con los tabiques anastomosados. Las aberturas son oblicuas entrecruzadas. El aparato embrionario formado por una protoconcha y una deuterconcha simple y ligeramente excéntrica, y la espira del estado juvenil es muy reducida. El género *Valserina* caracteriza el Cretácico inferior (Barremiense).

ben doce nuevos géneros que corresponden al Cretácico inferior y medio: *Simporbitolina*, *Neoiraquia*, *Palorbitolina*, *Rectodictyoconus*, *Neorbitolinopsis*, *Paracoskinolina*, *Paleodictyoconus*, *Praeorbitolina*, *Pseudolituonella*, *Urganina*, *Alpillina* y *Valserina*. En esta tesis se considera *Eopalorbitolina* como un subgénero de *Palorbitolina*. Así mismo, siguiendo Arnaud-Vanneau (1980), se considera el género *Eygallerina* Foury, 1968 sinónimo de *Alpillina*. La formalización de los nuevos géneros demuestra la diversidad que presentan estos foraminíferos en el Cretácico inferior, en el que se dan diferentes combinaciones de tipos de exoesqueleto y endoesqueleto.

Síntesis. Es una etapa muy prolífica en la descripción de orbitolinoideos. Se descri-

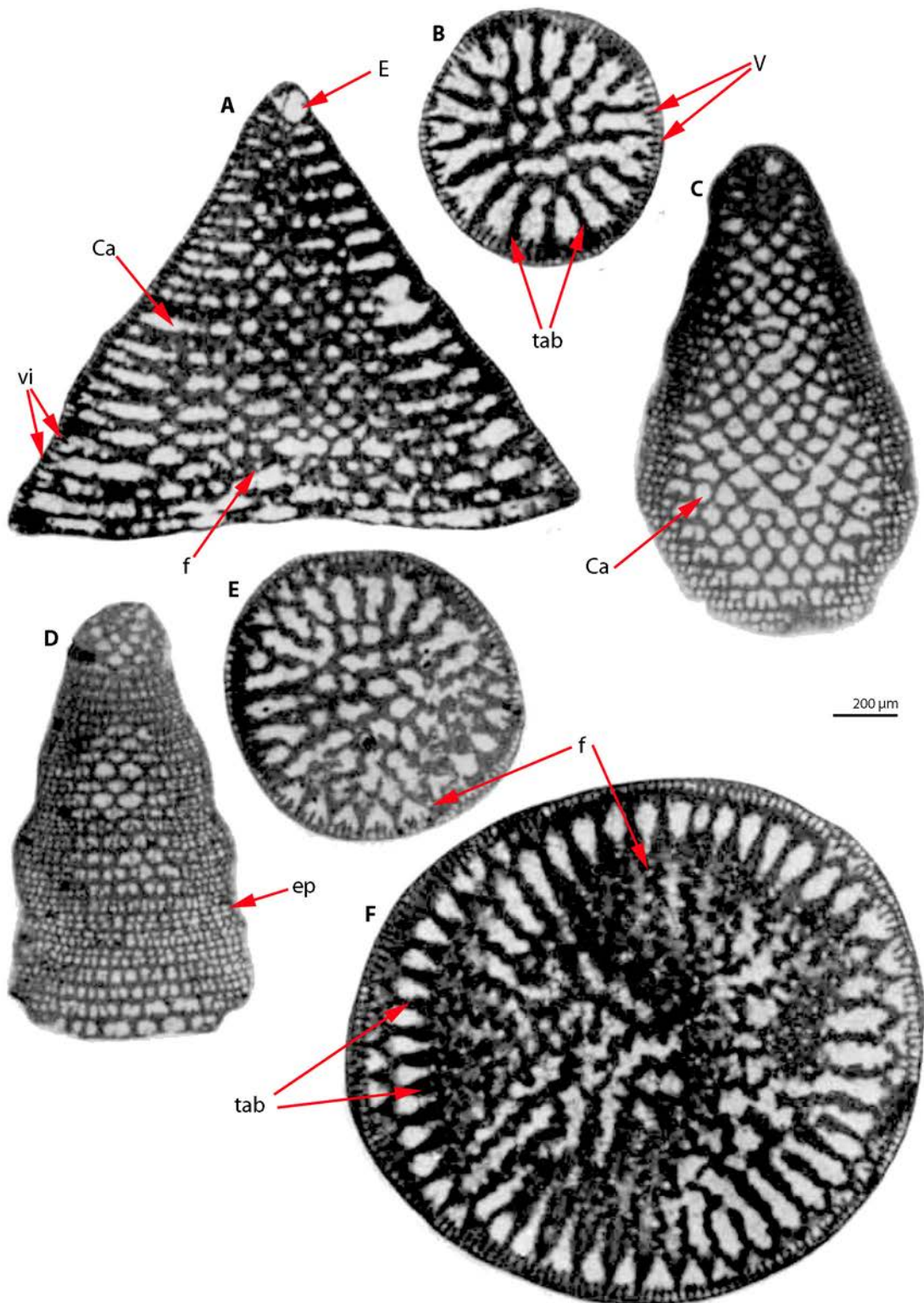
El género *Abrardia* está restringido al Cretácico superior y únicamente *Fallotella* ca-



**Figura 66.** *Alpillina antiqua*. A, C: modelo y fotografías de detalle del aparato embrionario. B: sección axial. D, E: secciones subaxiales con las viguicillas que dan lugar a un exoesqueleto relativamente denso. Los tabiques alternantes individualizan camarillas en la parte central. Obsérvese la separación entre endoesqueleto y exoesqueleto. F, G: secciones transversas ligeramente oblicuas con los tabiques zigzagueantes, los forámenes y las vigas del exoesqueleto ocupando la zona marginal. Ca: camarilla; Cp: cámara periembrionaria; E: embrión; ep: epidermis; f: foramen; tab: tabique; V: viga; vi: viguicilla. Modelo sin escala. Fotografías y modelo extraído de Arnaud-Vanneau (1980). Fotografías B, D-G x50; fotografía C x100.

racteriza el Paleógeno. El género americano *Heterodictyoconus* Butterlin y Moullade, 1968, tal como sugieren Hottinger y Drobne (1980), se considera sinónimo de *Dictyoconus* (*Cushmania*).

Los dos géneros *Campanelulla* y *Pseudolituonella* presentan características varias diferentes a los orbitolinoideos, por lo que deberían ser excluidos de esta superfamilia.



**Figura 67.** *Valserina bronnimanni*. A: sección axial. B, E, F secciones transversas. C, D: secciones tangenciales. Ca: camarilla; E: embrión; ep: epidermis; f: foramen; tab: tabique; V: viga; vi: vigüecilla. Extraído de Loeblich y Tappan (1987). Todas las fotografías están x50.

## Etapa 1971-2000

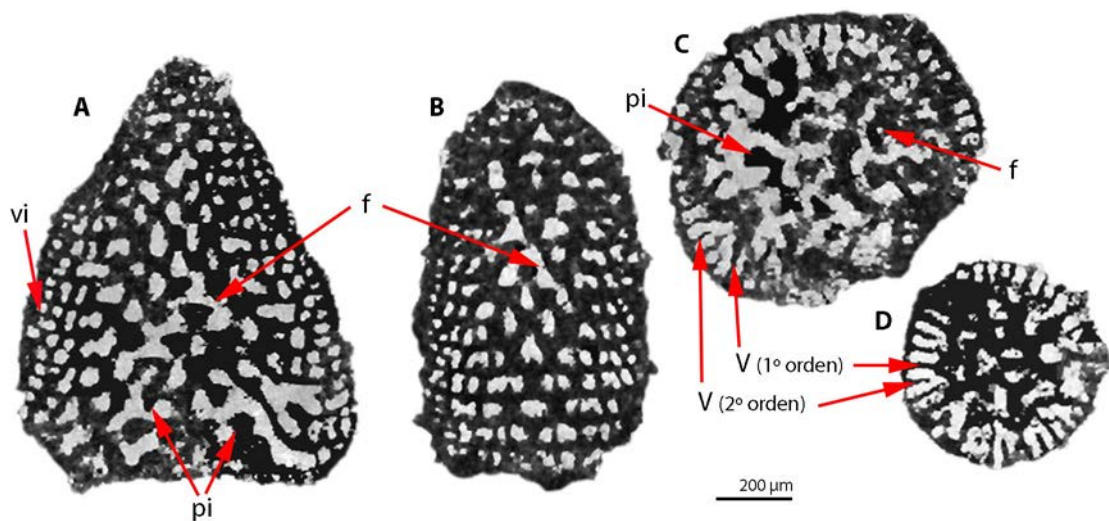
### Género *Valdanchella* Canerot y Moullade, 1971

Canerot y Moullade (1971) erigieron el género *Valdanchella* (especie tipo: *Simplorbitolina* ? *miliani* Schroeder, 1968) para incluir una forma cónica descrita por Schroeder (1968) del Valanginiense de la Sierra de Valdancha (prov. de Castellón, España). Ésta forma se caracteriza por un aparato embrionario simple con un embrión de gran tamaño (bilocular o trilocular) en posición apical y sin espira inicial. La estructura interna de las cámaras, según estos autores, consta de una zona marginal subdividida por finos tabiques radiales (entre dos tabiques citan una lámina radial y una lámina horizontal subepidérmicas) y una zona central con pilares verticales. Diferencian *Valdanchella* de *Paracoskinolina*, *Paleodictyoconus* y *Dictyoconus* por la posición apical del aparato embrionario, y de *Simplorbitolina* por la presencia de tabiques radiales limitados a la zona marginal de la concha y pilares en la zona central.

Arnaud-Vanneau (1980) indicó un aparato embrionario simple, la presencia de pequeños tabiques verticales y horizontales en la zona marginal y pilaroides en la parte central, que se reúnen entre ellos en la parte superior de la cámara. Las aberturas son oblicuas y dispuestos según líneas diagonales.

### Descripción actualizada del género *Valdanchella* (Fig. 68)

Concha cónica, de pequeño tamaño y disposición uniseriada de las cámaras adultas discoideas. El exoesqueleto es reticular subepidérmico (vigas y vigeuillas), aunque relativamente simple. Las vigas son de dos órdenes y alternan de una cámara a la siguiente. El endoesqueleto está constituido por pilaroides (pilares de sección irregular) dispuestos de manera alternada entre dos cámaras consecutivas. Los pilaroides adquieren forma triangular con el vértice dirigido hacia la cara oral en sección axial, lo que lleva a confundirse con tabiques. Los forámenes están dispuestas siguiendo líneas diagonales. El aparato embrionario es simple y apical (carece de espira inicial).



**Figura 68.** *Valdanchella miliani*. A, B: secciones subaxiales mostrando el exoesqueleto con vigas y vigeuillas. C, D: secciones transversas. f: foramen; pi: pilar; V: viga; vi: vigeuilla. Extraído de Schroeder (1968). Todas las fotografías x50.



*Valdanchella* caracteriza el Cretácico inferior (Valanginiense).

#### Género *Falsurgonina* Arnaud-Vanneau y Argot, 1973

Según Arnaud-Vanneau y Argot (1973) y Arnaud-Vanneau (1980) este género (especie tipo: *Falsurgonina pileola* Arnaud-Vanneau y Argot, 1973) está caracterizado por un aparato embrionario simple, seguido por una trocospira excéntrica. La zona marginal está dividida por tabiques (*cloisons* en francés), que salen a cierta distancia del borde marginal y están formados por una invaginación del suelo de la cámara. La zona central tiene tabiques, a veces incompletos, dirigidos hacia la parte superior de la cámara. Las aberturas son oblicuas o subverticales.

#### Descripción actualizada del género *Falsurgonina* (Fig. 69)

Concha cónica, de tamaño medio, disposición uniseriada de las cámaras adultas y cara apertural algo ondulada. Las cámaras muestran una zona marginal, relativamente desarrollada, no dividida por elementos exoesqueléticos. La zona central, por el contrario, está dividida por elementos perpendiculares formados por ondulación del septo, interpretados en este trabajo como estructuras en cúpula, pero incompletas. Es decir, la invaginación de la pared del septo daría lugar a falsos tabiques, que no alcanzarían el septo de la cámara precedente, formando falsas camarillas abiertas por su parte proximal. Las cúpulas incompletas alternan de un estadio de crecimiento al siguiente. Los forámenes están dispuestos en círculo en el límite de las zonas marginal y central. Son oblicuos, pero no se observa un patrón de alineación constante. El aparato embrionario es simple y está seguido por cámaras formado una espiral. *Falsurgonina*

es un género típico del Cretácico inferior (intervalo Barremiense-Aptiense inferior).

#### Género *Naupliella* Decrouez y Moullade, 1974

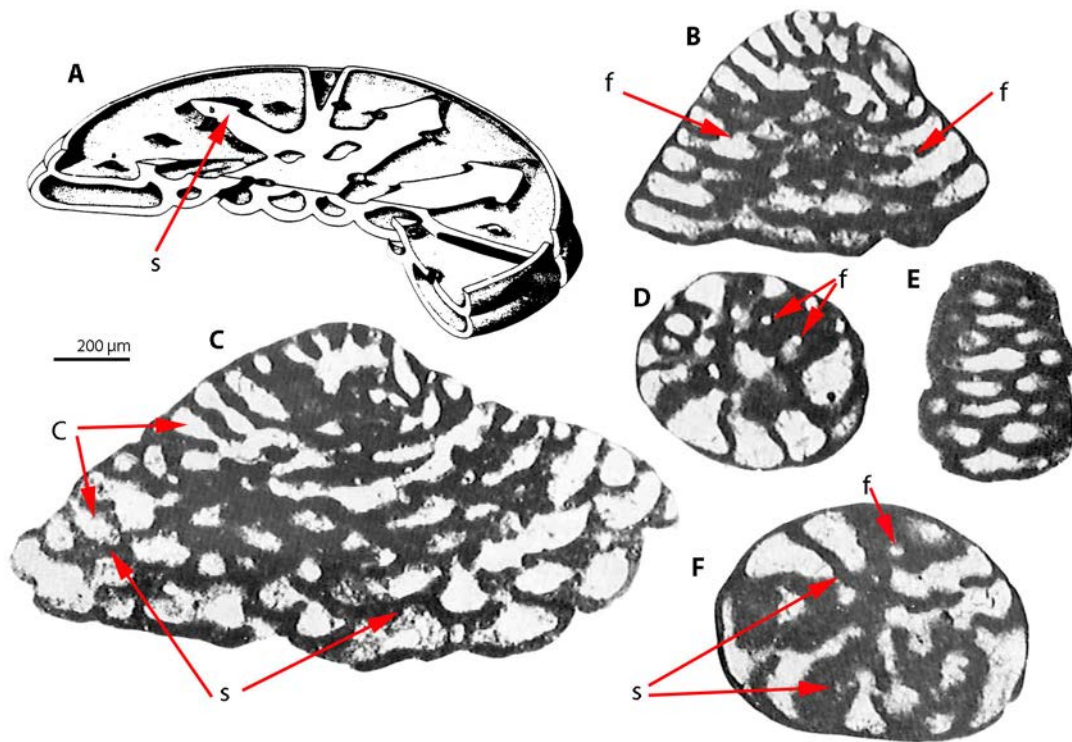
El género *Naupliella* fue descrito por Decrouez y Moullade en 1974 tomando como especie tipo *Naupliella insolita*. Se describe como una concha cónica alta con un aparato embrionario megalosferico situado en posición apical, formado por una protoncha y una deuteroconcha con la parte superior subdividida por particiones verticales (o vigas), careciendo de una zonas sub o supraembrionaria. Las últimas cámaras son uniseriadas con estructura reticular. La zona marginal carece de viguecillas.

#### Descripción actualizada del género *Naupliella* (Fig. 70)

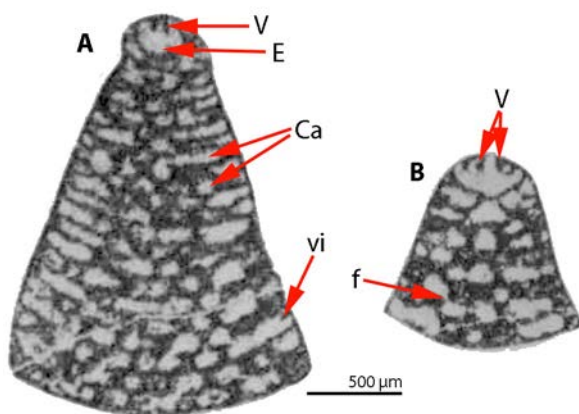
En este trabajo, siguiendo las observaciones realizadas por Schroeder en Schroeder y Neumann (1985) y complementándolo con las observaciones de las fotografías disponibles, se considera al género *Naupliella* como sinónimo del género *Neoiraqia*.

#### Género *Dictyorbitolina* Cherchi y Schroeder, 1975

Descrito del Barremiense de Cerdeña y cuya especie tipo es *Dictyorbitolina ichnusae* Cherchi y Schroeder, 1975. Según estos autores, se trata de un orbitoliniforme cónico, relativamente plano, con base convexo-cónica. El embrión está en posición apical y presenta una deuteroconcha dividida por estructuras verticales. La zona marginal presenta tabiques verticales y horizontales, mientras la zona central está ocupada por pilares, que alternan de una cámara a la siguiente. Según Arnaud-Vanneau (1980), éste género está caracterizado por un aparato embrionario excéntrico formado por



**Figura 69.** *Falsurgonina pileola*. A: modelo en 3D de la estructura interna de la cámara. B: sección casi axial donde se aprecia la espira formada por las cámaras juveniles, así como la disposición alternante de las camarillas, que recuerdan la forma de cúpula de los *Orbitolinopsis*. C: sección subaxial. D, F: secciones transversas con la individualización de falsas camarillas. E: sección tangencial. C: cámara f: foramen; s: septo. Modelo sin escala. Modelo y fotografías extraídos de Arnaud-Vanneau (1980). Todas las fotografías están x50.

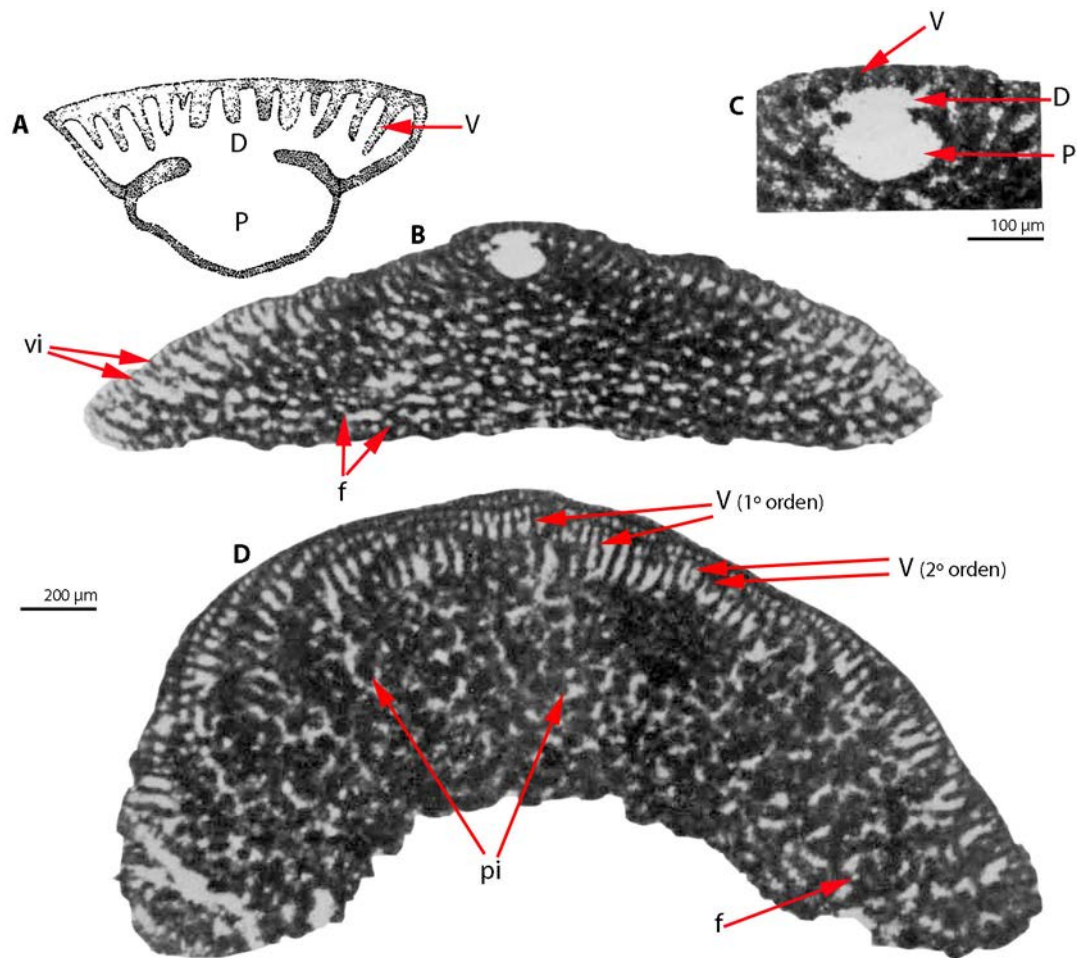


**Figura 70.** *Naupliella insolita*. A: sección axial. B: detalle del aparato embrionario. Ca: camarilla; E: embrión; f: foramen; V: viga; vi: vigecilla. Extraído de Decrouez y Moullade (1974). Todas las fotografías x25.

protoconcha y deuteroconcha, esta última dividida en la parte superior. La zona marginal está dividida por tabiques verticales y horizontales, mientras la zona central presenta pilares que alternan de una cámara a la siguiente. Las aberturas son verticales o subverticales.

**Descripción actualizada del género *Dictyorbitolina* (Fig. 71)**

Concha cónica, con ángulo relativamente abierto. Las cámaras adultas son discoidales. La zona marginal de las cámaras, muy reducida, presenta un exoesqueleto reticular subepidérmico (epidermis, vigas y vigecillas). La zona central está atravesada por gran número de pilares distribuidos regularmente. El embrión megalosférico es apical



**Figura 71.** *Dictyorbitolina ichnusae*. A: esquema del aparato embrionario de un espécimen megalosférico. B, C: secciones axiales de un organismo completo y detalle del aparato embrionario complejo. D: sección transversa oblicua mostrando el exoesqueleto complejo en la zona marginal y el endoesqueleto con pilares en la zona central. D: deuteroconcha; f: foramen; P: protoconcha; pi: pilar; V: viga; vi: viguecilla. Esquema sin escala. Extraído de Cherchi y Schroeder (1975). Fotografías B y D x50; fotografía C x100.

(como en *Palorbitolina*) y está constituido por una protoconcha globular grande y una deuteroconcha hemisférica con elementos exoesqueléticos (vigas). Las primeras cámaras postembrionarias rodean inferiormente el embrión y son en forma de media luna. *Dictyorbitolina* tiene un rango estratigráfico del intervalo Barremiense-Aptiense.

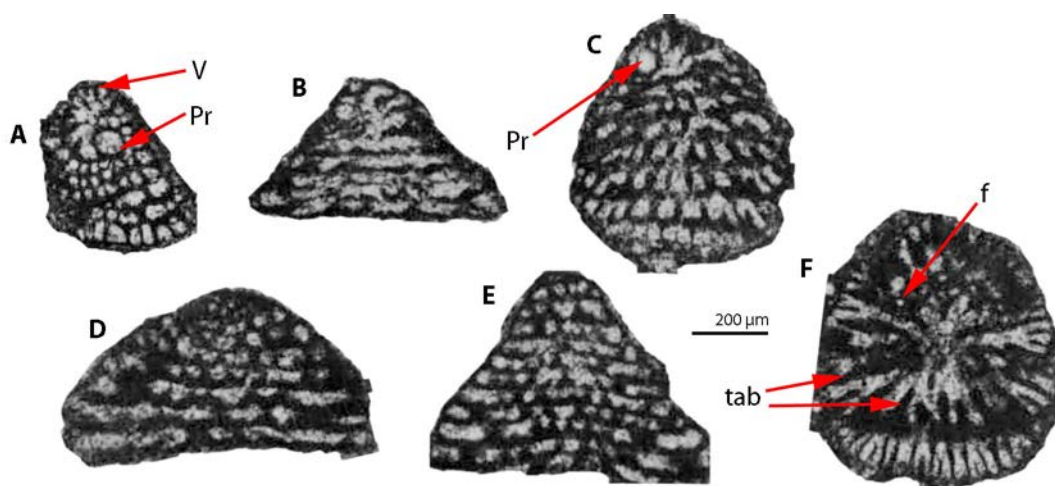
**Género *Heterocoskinolina* Saint-Marc, 1978**

Especie tipo: *Heterocoskinolina ruskii* Saint Marc, 1978. Es una forma del Cenomaniense

de Oriente medio que, según Arnaud-Vanneau (1980), consta de aparato embrionario simple seguido de una espira excéntrica. La zona marginal dividida por tabiques verticales, que se prolongan parcialmente hacia la zona central. La zona central no dividida y presenta aberturas verticales.

**Descripción actualizada del género *Heterocoskinolina* (Fig. 72)**

Las secciones a nuestra disposición de éste Orbitolínido del Cenomaniense (Cretácico superior) de Oriente medio, permiten describirlo como una forma cónica de



**Figura 72.** *Heterocoskinolina ruskei*. A-C: secciónes subaxiales. D, E: secciónes oblicuas. F: sección transversa oblicua. f: foramen; Pr: prolóculo; tab: tabique; V: viga. Extraído de Loebrich y Tappan (1987). Todas las figuras están x50.

pequeño tamaño y base plana. Las cámaras adultas son discoidales y dispuesta de manera uniseriada. Presenta un embrión simple en posición excéntrica seguido por una espira bien marcada. El exoesqueleto está formado por vigas de distinto orden que se prolongan hacia la parte central formando tabiques rectilíneos que alternan de una cámara a la siguiente.

#### Género *Cribellopsis* Arnaud-Vanneau, 1980

Género creado por Arnaud-Vanneau (1980) tomando como especie tipo *Orbitolinopsis neoelongata* Cherchi y Schroeder, 1978. Según la autora presenta un aparato embrionario simple seguido por una pequeña espira apical o ligeramente excéntrica. La zona marginal está dividida por tabiques verticales. La zona central está dividida por tabiques radiales, que forman un retículo más o menos complejo. Aberturas oblicuas y verticales.

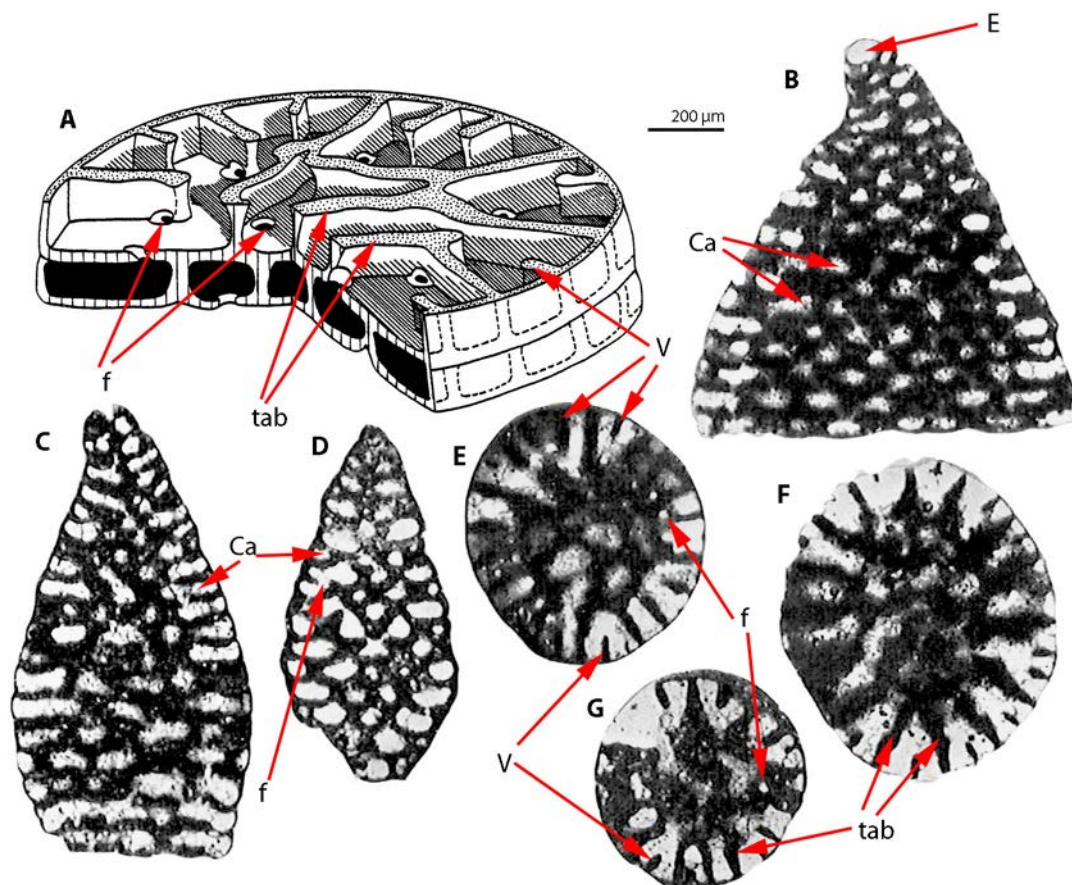
#### Descripción actualizada del género *Cribellopsis* (Fig. 73)

Concha cónica, de tamaño medio. La zona marginal presenta vigas de dos órdenes.

Las vigas principales continúan hacia la zona central formando tabiques radiales, que hacia el centro se bifurcan para formar un retículo. Según el modelo de Arnaud-Vanneau (1980), la primera fila de aberturas se sitúa en el inicio de los tabiques formando un círculo (Fig. 73A). En la parte reticular las aberturas se disponen de forma desordenada entre el retículo que forman los tabiques. El aparato embrionario megaloesférico es simple y está seguido, en la mayoría de los especímenes, por una pequeña espira en posición preferentemente apical. Caracteriza el Cretácico inferior (intervalo Hauteriviense-Aptiense inferior (Beduliense)).

#### Género *Palorbitolinoides* Cherchi y Schroeder, 1980

Especie tipo: *Palorbitolinoides hedini* Cherchi y Schroeder, 1980. Éste género, descrito en el Albiense del Tíbet, es fácilmente reconocible por su gran tamaño. Presenta un embrión de gran tamaño, centrado, con pared "alveolar" (exoesqueleto) en la parte superior y rodeado lateralmente y en



**Figura 73.** *Cribellopsis neolongata*. A: modelo en 3D de la estructura de una cámara. B-D: secciones axiales o paralelas a la axial mostrando las divisiones del endoesqueleto y mostrando el embrión macroesférico. E-G: secciones transversas mostrando la prolongación y engrosamiento de las vigas principales para formar los tabiques radiales y su unión en áreas más internas. Ca: camarilla; E: embrión; f: foramina; tab: tabique; V: viga. Modelo sin escala. Fotografías y modelo extraídos de Arnaud-Vanneau (1980). Todas las fotografías x50.

su parte inferior por una zona periembriónica dividida. La parte marginal está formada por vigas (*cloisonettes* en francés) verticales y horizontales. La parte central está formada por tabiques (*cloisons* en francés) bien desarrollados dispuestos de manera alternante entre dos cámaras consecutivas. Las aberturas son oblicuas entrecruzadas.

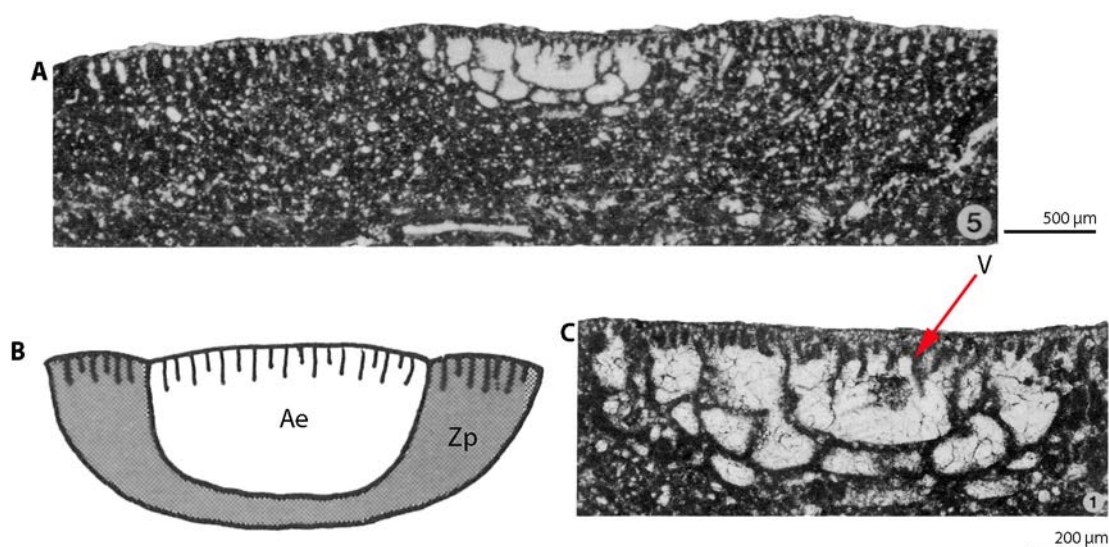
Schroeder et al. (2010) presentaron un modelo de línea filogenética de *Eopalorbitolina-Palorbitolina-Palorbitoloides* basándose en las características del embrión (Fig. 56).

### Descripción actualizada del género *Palorbitoloides* (Fig. 74)

En esta tesis se considera como válida la descripción del género realizada por Cherchi y Schroeder (1980). Las características del embrión están representadas en la Fig. 56. Éste género caracteriza el Cretácico inferior (Aptiense-Albiense).

### Género *Calveziconus* Caus y Cornella, 1981

Especie tipo: *Calveziconus lecalvezae* Caus y Cornella, 1981. El género fue descrito en el Cretácico superior (Campaniense) de la Sie-



**Figura 74.** *Palorbitoides hedini*. A: fragmento de sección axial. B, C: esquema y fotografía del aparato embrionario macrosférico. Ae: aparato embrionario; V: viga; Zp: zona periembrionaria. Modelo del embrión sin escala. Figuras y modelo extraídos de Cherchi y Schroeder (1980). Fotografía A x25; fotografía C x50.

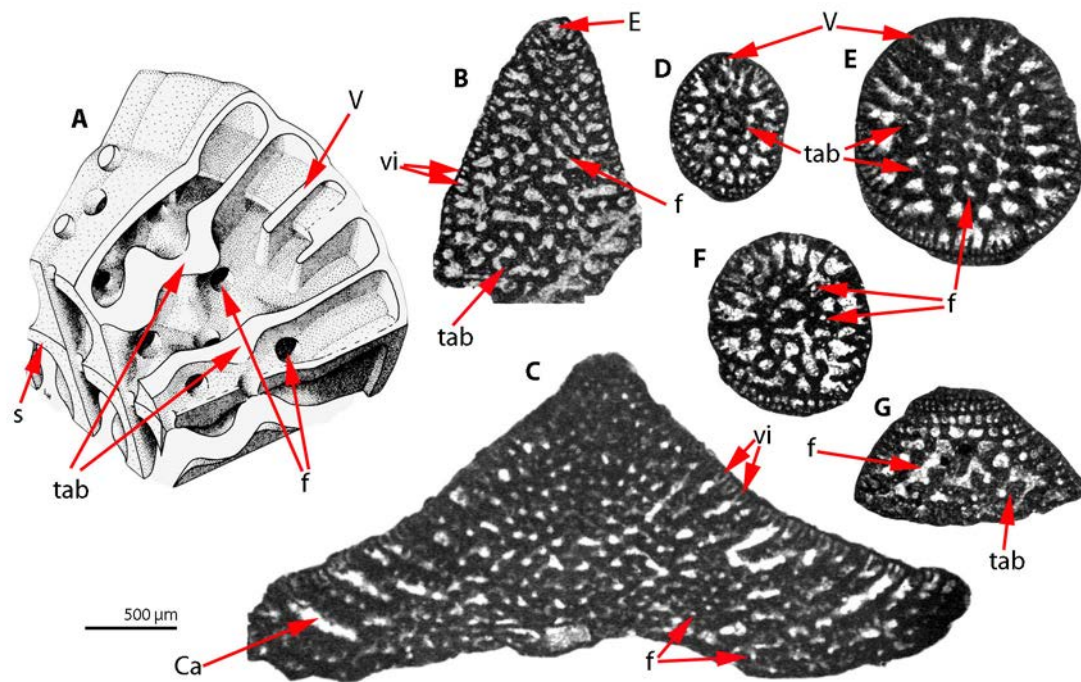
rra del Montsec (NE España), y ha sido reconocido en la misma posición estratigráfica en otras áreas mediterráneas (Velič, 2007; Frijia et al., 2015). En la descripción original se describe como una forma cónica, de pequeño tamaño, con un aparato embrionario macroesférico simple. La zona marginal está dividida por vigas de distinto orden y viguillas, pero carece de epidermis. Las vigas principales se prolongan hacia el interior de la cámara dando lugar a los tabiques, que son ligeramente ondulados, y en el centro se anastomosan. Los tabiques son alternantes entre dos estadios de crecimiento consecutivos. Los forámenes son oblicuos y su comunicación oblicua entrecruzada.

#### Descripción actualizada del género *Calveziconus* (Fig. 75)

Se considera válida y actualizada la descripción dada por Caus y Cornella (1981). Para más información véase el trabajo citado anteriormente. Se le ha atribuido una edad Campaniense, probablemente Campaniense medio.

#### Género *Carinoconus* Cherchi y Schroeder, 1982

En 1973, Bilotte et al. describieron en el Macizo del Montgrí (NE de España) una nueva especie cretácica (Albiense-Cenomaniense inferior) de *Dictyoconus*, *D. casterasi*. En los siguientes años, esta nueva especie fue atribuida al género *Paracoskinolina* (Bilotte et al., 1973; Peybernés, 1976; Mas, 1981) pero, en 1982, Cherchi y Schroeder crearon el subgénero *Carinoconus* para los morfotipos de Bilotte et al. (1973) y lo incluyeron en el género *Dictyoconus*. Fueron Loeblich y Tappan quienes, en 1987, elevaron el subgénero a categoría de género. Según Schroeder en Schroeder y Neumann (1985), el género *Carinoconus* se caracteriza por su forma cónica o cilindro-cónica, con una gran trocospira inicial comprimida en sección paralela al eje, y con una carena muy prominente, que se prolonga en los primeros estadios uniseriados. El autor indica un embrión megaloesférico formado por la protoconcha globular y la



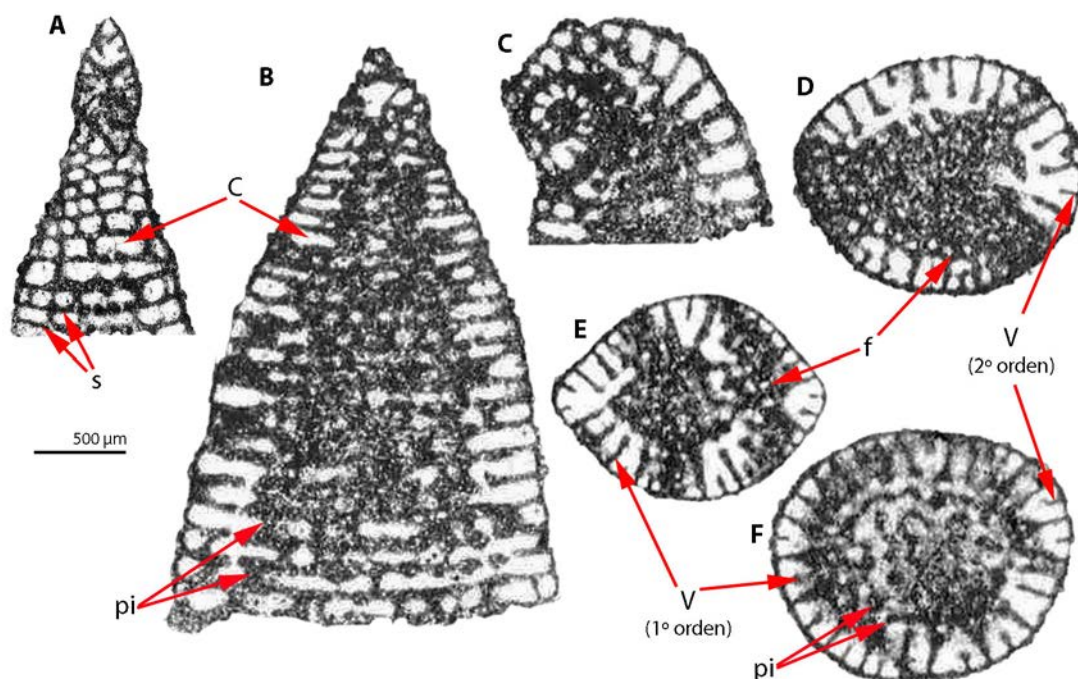
**Figura 75.** *Calveciconus lecalvezae*. A: modelo en 3D. B: sección axial de una forma macrosférica con el aparato embrionario centrado. Obsérvese la presencia de viguecillas y los tabiques alternantes, así como las aberturas (foramina). C: sección axial de una forma microsférica. D-F: secciones transversas ligeramente oblicuas. G: sección tangencial. Ca: camarillas; E: embrión; f: foramen; tab: tabique; s: septo; V: viga; v: viguecilla. Modelo sin escala. Extraído de Caus y Cornella (1981). Todas las fotografías x25.

deuteroconcha hemisférica. Presenta una zona marginal subdividida por finos tabiques verticales de primer orden formando numerosas camarillas. Estas camarillas están divididas, a su vez, por uno o dos tabiques de segundo orden. La generación macrosférica carece de tabiques transversales, pero la generación microsférica presenta, esporádicamente, un tabique. También menciona la presencia de pilares en posición alternante. Los orificios aperturales son subverticales.

#### Descripción actualizada del género *Carinoconus* (Fig. 76)

La descripción que se da a continuación corresponde a la observación de las figuras dadas en Schroeder y Neumann (1985, lám. 18) y al estudio de material propio de varios afloramientos españoles. Se tra-

ta de especímenes de tamaño medio, cónicos. El lumen de las cámaras presenta vigas, al menos de dos órdenes, en la zona marginal. En ninguna de las secciones de los especímenes estudiados (formas macrosféricas) se han observado viguecillas. Las vigas más largas se ensanchan hacia el centro, adquiriendo forma de maza. En la zona central hay pilares de sección irregular, que pueden unirse entre sí dando lugar a un falso tabique. Los pilares son alternantes entre dos cámaras consecutivas. Las aberturas son numerosas, dispuestas de manera subvertical y se sitúan entre los pilares. El embrión es simple, seguido por una espira inicial muy pronunciada, comprimida, que recuerda la espira de algunos nezzazátidos. La edad de *Carinoconus* es Albiense superior-Cenomaniense inferior.



**Figura 76.** *Carinoconus casterasi*. A: sección tangencial de una forma megalosférica cortando la espira inicial perpendicularmente. B: sección subaxial de una forma megalosférica. C: sección subaxial de una forma megalosférica pasando por la espira inicial. D-F: secciones tangenciales. C: cámara; f: foramen; pi: pilar; s: septo; V: viga. Extraído de Schroeder y Neumann (1985). Todas las fotografías x25.

### Género *Praedictyorbitolina* Schroeder, Clavel y Charollais, 1990

Género cuya especie tipo *Praedictyorbitolina carthusiana* fue descrita por Schroeder et al. en 1990, del Barremiense inferior de la región de Chartreuse (W de Francia). Según estos autores, *Praedictyorbitolina* está caracterizada por un embrión megaloesférico simple en posición excéntrica, tabiques de primer orden en la zona marginal y pilares en la zona central, que alternan de una cámara a la siguiente. Éstos autores diferencian *Praedictyorbitolina* de *Dictyorbitolina* Cherchi y Schroeder, 1976 por su embrión excéntrico y una deuterococoncha con elementos exoesqueléticos.

### Descripción actualizada del género *Praedictyorbitolina* (Fig. 77)

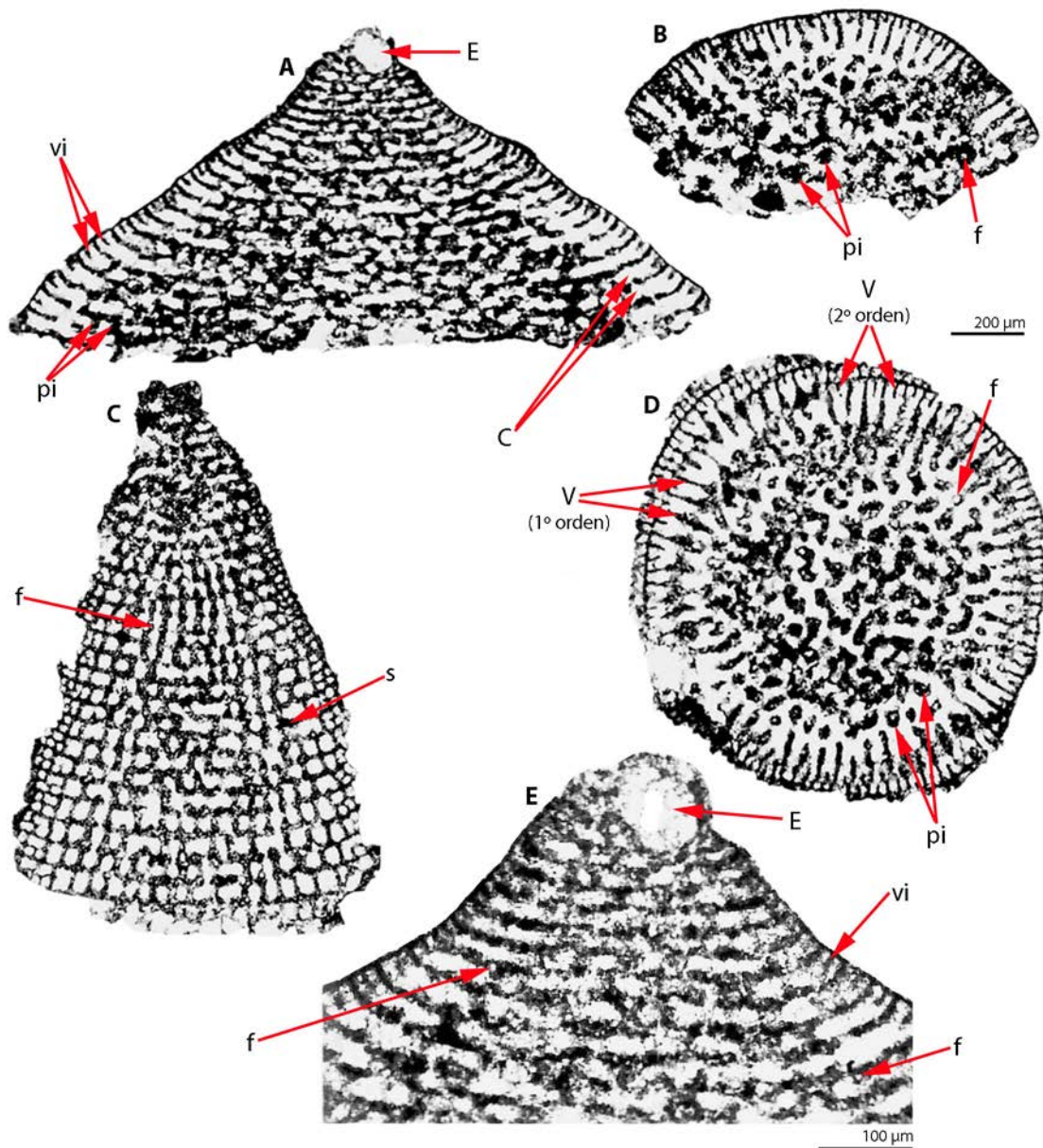
Morfología cónica. El exoesqueleto está formado por vigas de distinto orden, ali-

neadas de una cámara a la siguiente, y vi-guecillas. El endoesqueleto está constituido por pilares que alternan de una cámara a la siguiente. Aparato embrionario megalosférico simple y en posición excéntrica. La distribución estratigráfica es Haute-rievense-Barremiense.

### Género *Karsella* Sirel, 1997

Sirel, en 1997, describió del Paleógeno de Turquía el género *Karsella* (especie tipo: *Karsella hottingeri* Sirel, 1997) como una forma cónica, de base convexa y gran tamaño. Según el autor, el embrión consta de una megaloesfera esférica seguida por cámaras periembrionarias dispuestas trocoespíralmente. Las cámaras adultas son uniseriadas. Las explicaciones dadas por Sirel (1997) sobre las divisiones de las zonas marginal y central de este género resultan incongruentes (se habla de cama-





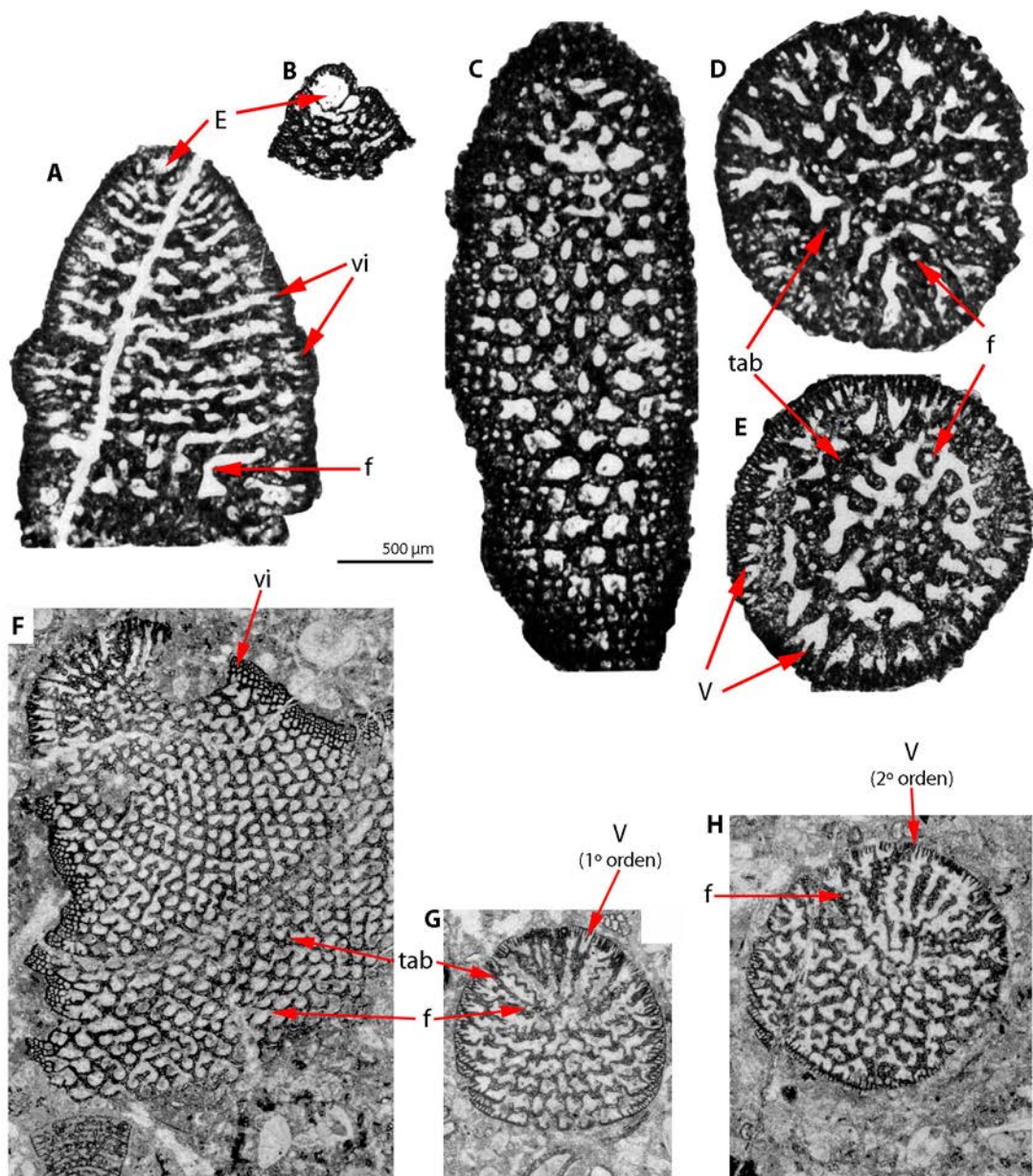
**Figura 77.** *Praedictyorbitolina carthusiana*. A: sección axial. B, D: secciones transversas. C: sección tangencial. E: detalle del aparato embrionario. C: cámara; E: embrión; f: foramen; pi: pilar; s: septo; V: viga; vi: vigequilla. Extraído de Schroeder et al. (1990). Fotografías A-D x50, fotografía E x100.

rillas alveolares en la periferia y camarillas centrales limitadas por vigas y vigequillas y la presencia de pilares).

#### Descripción actualizada del género *Karsella* (Fig. 78)

Nuestras observaciones de las figuras de Sirel (1997) permiten definir una pared relativamente fina (y no gruesa como dice el

autor) con un esqueleto formado por vigas de diferentes órdenes y vigequillas. Las vigas principales se ensanchan y penetran hacia la zona central formando tabiques que individualizan camarillas, alternantes de un paso de crecimiento al siguiente. Los ejes de las aberturas se observan oblicuos entrecruzados. Estas características recuerdan la estructura de "*Orbitolina*" *daviesi*



**Figura 78.** A-E: *Karsella hottingeri*. A: sección axial. B: detalle del embrión. C: sección tangencial. D, E: secciones transversas. F-H: "*Orbitolina*" *daviesi* Hofker. F: sección subaxial. G, H: secciones transversas oblicuas. E: embrión; f: foramen; V: viga; vi: vigucilla. Fotografías A-E extraídas de Sirel (1997). Todas las fotografías x25.

Hofker, 1966 (PI 2, Figs. 10-14; PI 3). En la **figura 78 F-H** se muestran tres secciones de "*Orbitolina*" *daviesi* del Paleoceno de Pakistán (material recogido por el profesor Lukas Hottinger).

Sin embargo, las pocas y mal conservadas secciones presentadas por Sirel (1997) y

la falta de material de la localidad tipo de *K. hottingeri*, no permiten un estudio más detallado del género y su comparación con la forma de Hofker (1966), por lo que el estudio de estas formas de Hofker (1966) se abordará posteriormente a la presentación de esta tesis. Éste género caracteriza el Paleoceno.

### Género *Montseciella* Cherchi y Schroeder, 1999

El género *Montseciella* fue descrito por Cherchi y Schroeder en 1999 tomando como especie tipo *Paleodictyoconus glanensis* Foury, 1968. No obstante, estos autores basan parte de su descripción en una nueva especie: *Montseciella algeriensis* Cherchi y Schroeder, 1999 de la isla de Cerdeña (Italia). Se trata, según su descripción, de un foraminífero cónico con una gran trocospira inicial. La zona marginal está subdividida por placas epidérmicas verticales y horizontales. La zona central presenta particiones vermiculares formando una estructura laberíntica con grandes espacios vacíos. Las placas y las particiones vermiculares alternan su posición de una cámara a la siguiente.

Las figuras originales de *Paleodictyoconus glanensis* (lám. 18, Figs. 1-12; en Foury, 1968) corresponden a una forma cónica, de tamaño medio y base cónica ligeramente abombada. Las cámaras adultas tienen disposición uniserada y su zona marginal posee un exoesqueleto formado por vigas, de dos órdenes, e incipientes viguecillas; estas últimas no son siempre visibles. La presencia de exoesqueleto reticular, típico del género *Paleodictyoconus*, no se puede apreciar a partir de las figuras dadas por los autores. La parte central, relativamente amplia, presenta pilares que pueden unirse entre sí en la parte superior de la cámara y formar un retículo muy poco denso que recuerda el género *Rectodyctioconus*, aunque más simple. Los pilares alternan de una cámara a la siguiente. El embrión en el paratipo designado por Foury (1968, lám. 18, fig. 3) es excéntrico y probablemente simple, y seguido por una espira poco desarrollada. Las figuras dadas por Cherchi y Schroeder (1999)

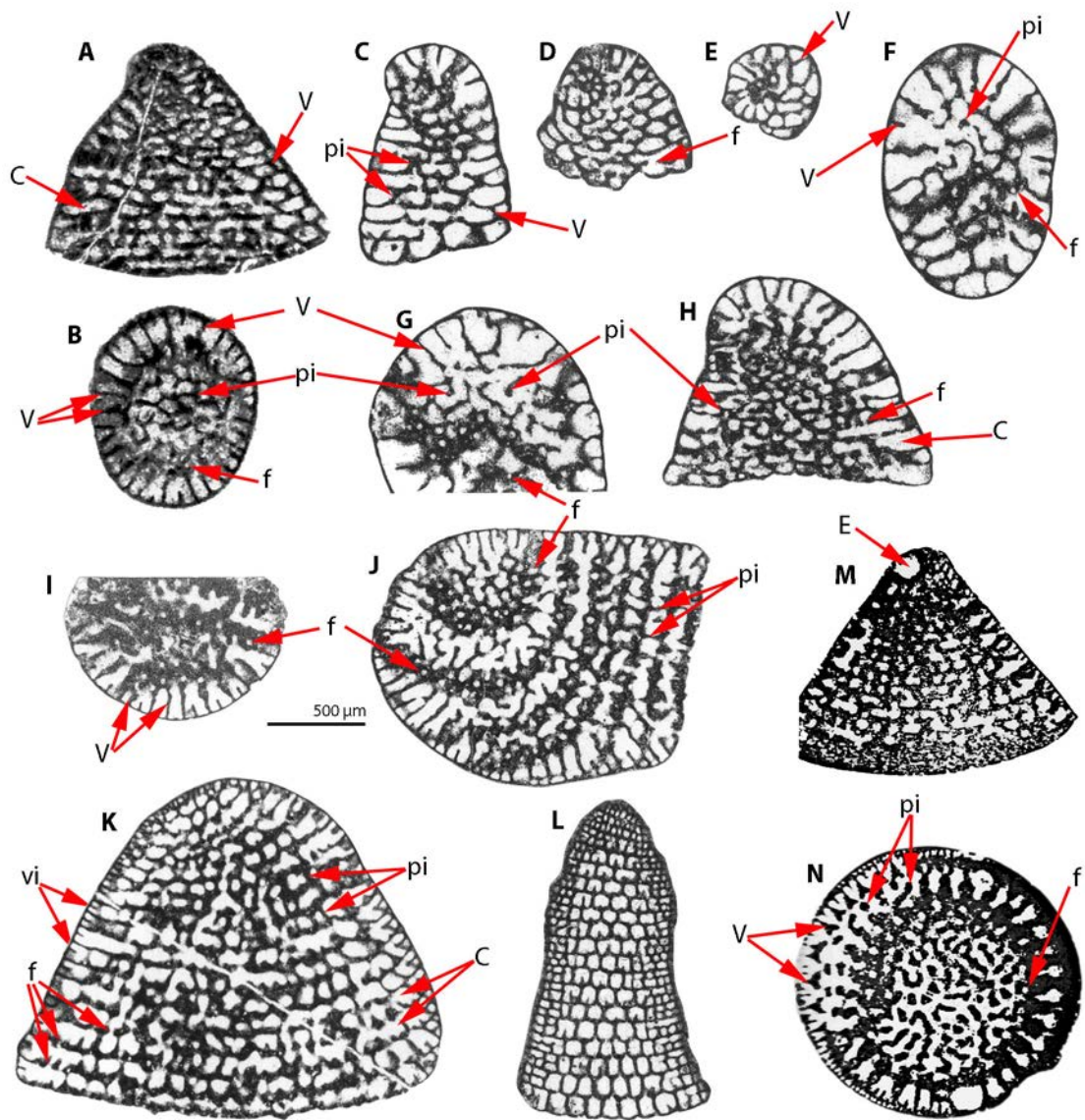
como *M. glanensis* (láms. 1, 2) de la Sierra del Montsec (NE España) presentan ciertas diferencias estructurales con las formas de Foury (1968). Las formas de *M. algeriensis* Cherchi y Schroeder (Láms 3 y 4 en Cherchi y Schroeder, 1999) y *M. arabica* (Henson) (Fig. 4b en Schroeder et al., 2010) presentan una estructura más compleja que la especie de Foury (1968).

### Descripción actualizada del género *Montseciella* (Fig. 79)

Las diferencias apuntadas anteriormente entre las diferentes especies de *Montseciella*, y el escaso material a nuestra disposición, no nos han permitido describir con criterios propios éste género, por lo que su estudio se pospone y se considera como válida, al menos por el momento, la descripción dadas los por autores (Cherchi y Schroeder).

Éste género aparece en el Cretácico inferior y tiene una distribución bioestratigráfica Hauteriviense superior-Barremiense inferior.

**Síntesis.** Durante este intervalo de tiempo, aunque menos prolífico que el anterior, ocho nuevos géneros pasan a formar parte del inventario de orbitolinoideos: *Valdanchella*, *Falsurgonina*, *Dictyorbitolina*, *Cribellopsis*, *Praedictyorbitolina* y *Montseciella* para el Cretácico inferior. El género *Naupliella*, según Schroeder en Schroeder y Neumann (1985), es sinónimo de *Neoiraqia*, sugerencia que se acepta en esta tesis. El género *Carinoconus* caracteriza el Cretácico medio (Albiense-Cenomaniense) y el género *Calveziconus* el Cretácico superior (Campaniense). El género *Karsella* caracteriza el Paleoceno. El género *Heterocoskinolina* del Cenomaniense del Paleógeno no ha sido considerado por falta de material de estudio. El género *Monsechiella* deberá también ser estudiado en un futuro.



**Figura 79.** A, B: *Paleodictyoconus glanensis*. A: sección axial. B: sección transversa. C-H: *Montseciella glanensis*. C-E, H: secciones subaxiales. F,G: secciones transversas. I-L: *Montseciella algerensis*. I: sección transversa. J: sección oblicua. K: sección subaxial. L: sección tangencial. M, N: *Dictyoconus arabicus*. M: sección axial. N: sección transversa. Fotografías A, B extraídas de Foury (1968); C-L extraídas de Cherchi y Schroeder (1999); M, N extraídas de Henson (1948). Todas las fotografías x25.

#### 4.4. GENEROS DESCRITOS EN EL SIGLO XXI

##### Género *Barattolites* Veccio y Hottinger, 2007

En 2007, Veccio y Hottinger describieron del Eoceno del sur de Italia el género *Barattolites*, cuya diagnosis es la siguiente: concha cónica de pared aglutinada, la disposición de las cámaras iniciales formando una trocospira y las cámaras adultas en posición uniseriada. El exoesqueleto (zona marginal de la cámara) está constituido por vigas (principales e intercaladas) irregularmente alternando o alineadas de una cámara a la siguiente. El endoesqueleto consiste en pilares continuos de una cámara a la siguiente. El aparato embrionario megaloesférico consiste en una protoconcha esférica seguida de una deutoconcha hemisférica y un conjunto de cámaras juveniles espirales formando un

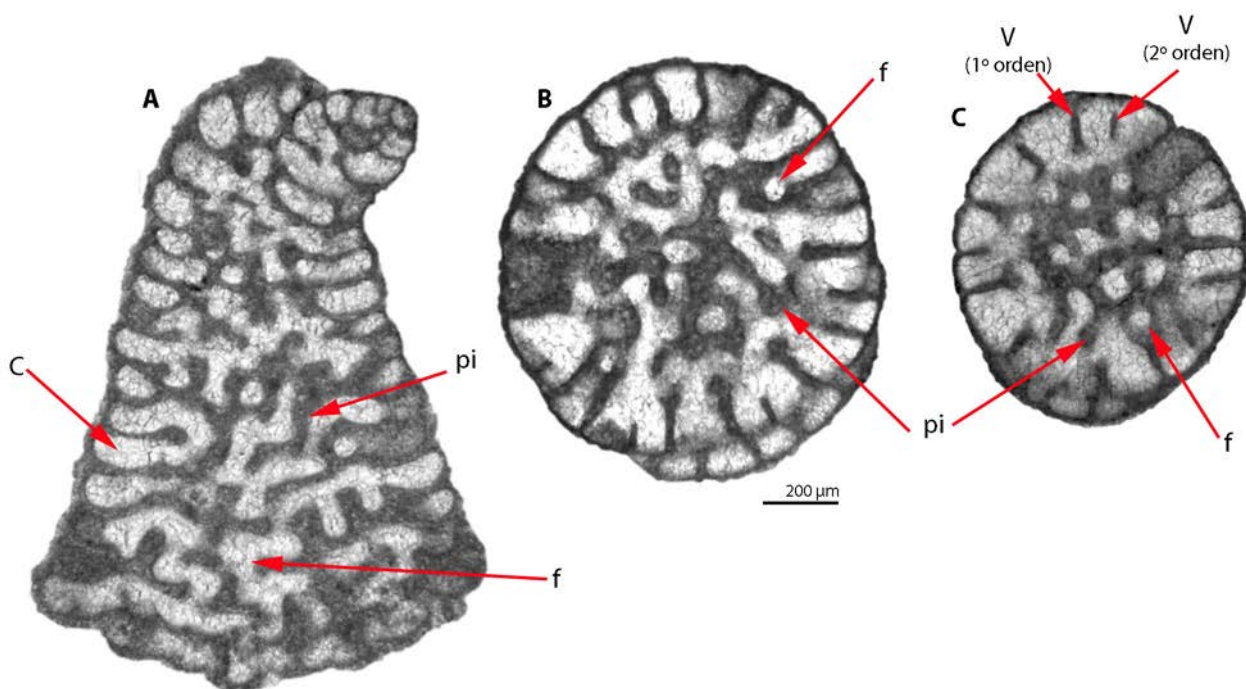
eje inclinado o perpendicular con respecto al eje del cono.

##### Descripción actualizada del género *Barattolites* (Fig. 80)

En esta tesis, se acepta la descripción de los autores como descripción válida del género. Éste género caracteriza el Eoceno.

##### Género *Pseudofallotella* Vicedo et al., 2014

El género *Pseudofallotella*, cuya especie tipo es *Pseudofallotella drobneae* Vicedo et al., 2014, fue descrito por Vicedo et al. (2014). Éste género se caracteriza por tener forma cónica, de tamaño pequeño a grande y con base plana o ligeramente convexa. La pared es delgada y sin estructuras. El embrión de las formas megalosféricas está en posición apical y está formado por una protoconcha y una deutoconcha simple. Las cámaras en estadio adulto son discoidales, dispuestas uni-



**Figura 80.** *Barattolites trentinarenis*. A: sección subaxial. B, C: secciones transversas. C: cámara; f: foramen; pi: pilar; V: viga. Extraído de Veccio y Hottinger (2007). Fotografías x50.

seriadamente, y aumentan de diámetro a lo largo de la ontogenia. La zona marginal está formado por vigas de dos órdenes (esporádicamente de tercer orden) y viguecillas. El endoesqueleto comprende pilares circulares y en forma de habichuela hacia el techo de la cámara, y alternan de posición entre dos cámaras consecutivas. Las aberturas están distribuidas en el centro de la cara apertural y en el límite entre la zona marginal y central.

### Descripción actualizada del género *Pseudofallotella* (Fig. 81)

En esta tesis, se acepta la descripción de los autores como descripción válida de *Pseudofallotella*. La presencia de incipientes viguecillas como carácter genérico o específico deberá ser discutida en futuros trabajos. Éste género caracteriza el Thanetiense (Paleoceno superior).

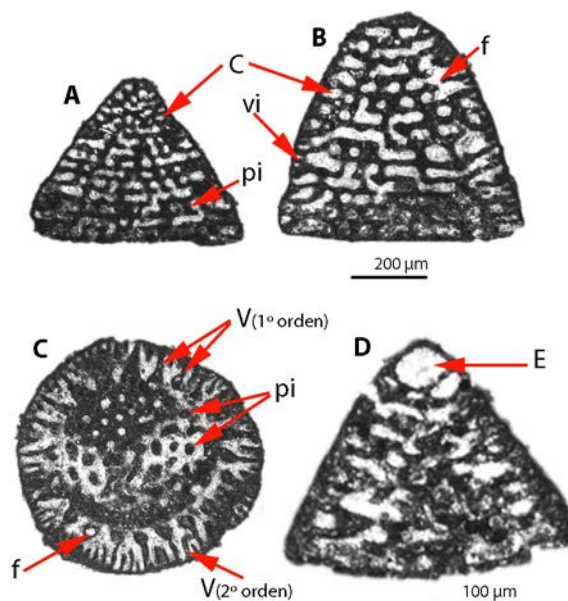
### Género *Roggerella* Gallardo-García y Serra-Kiel, 2016

Este nuevo género *Roggerella* (especie tipo; *R. aydimi*) ha sido definido, reciente-

mente (Serra-Kiel et al., 2016), del Paleógeno de Oriente Medio (Península Arábiga). Se trata de una forma relativamente grande y, según los autores presenta pared aglutinada fina y textura pseudo-keriotecal. Al embrión, excéntrico y formado por una protoconcha esférica y una deuterconcha hemisférica con elementos esqueléticos, le siguen las cámaras juveniles formando una espira bien desarrollada. Las cámaras adultas son discoidales y en disposición uniseriada. En la zona marginal el exoesqueleto consiste solamente en una generación de vigas y una generación de viguecillas. El endoesqueleto consiste en pilares no alineados de una cámara a la siguiente. Las aberturas son en criba.

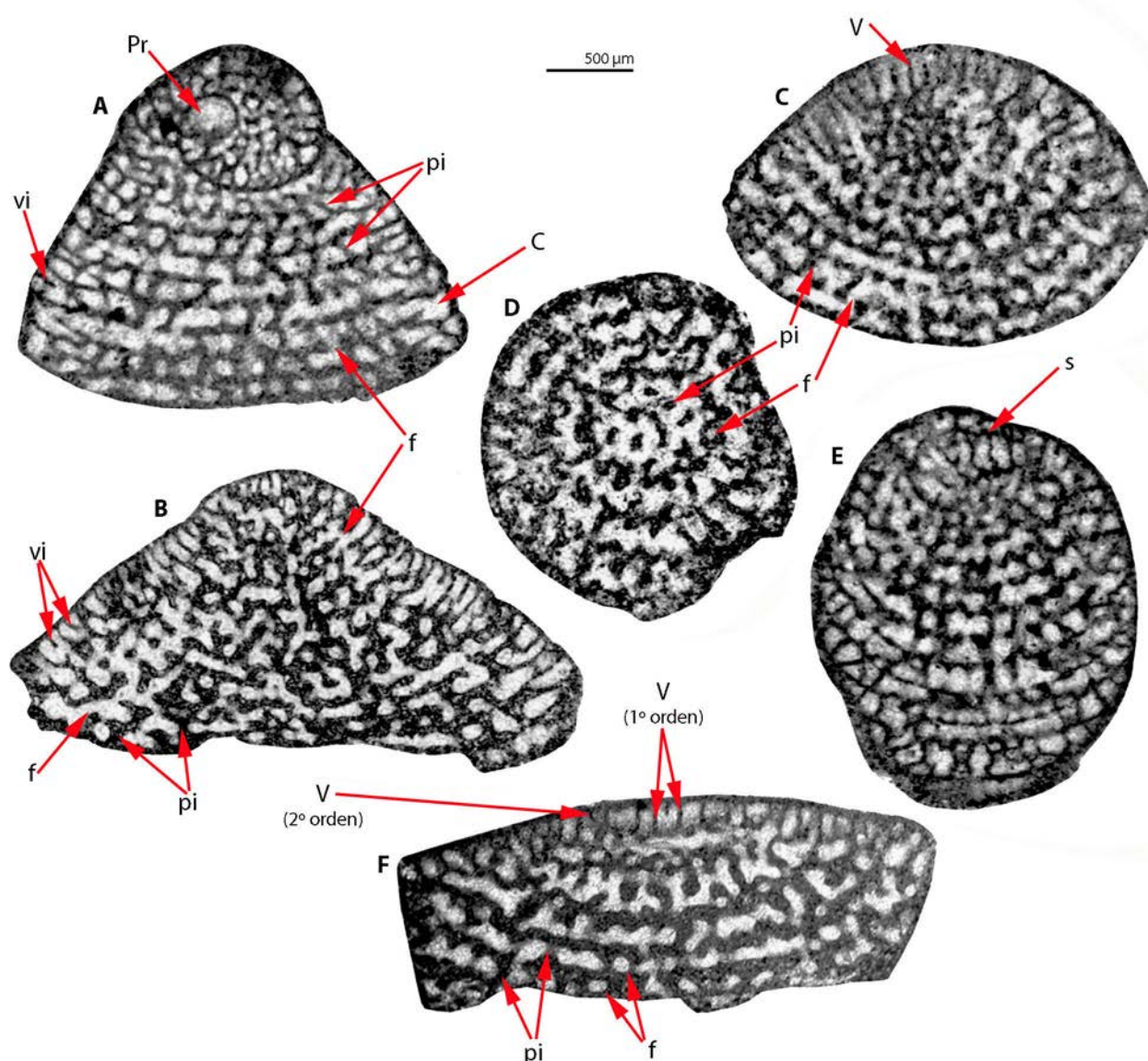
### Descripción actualizada del género *Roggerella* (Fig. 82)

En esta tesis, se acepta la descripción de los autores como descripción válida del género aunque la pared finamente aglutinada, pseudo-keriotecal y con epidermis sugerida por los autores no se aprecia en los ejemplares figurados. El género caracteriza el Eoceno superior (Priaboniense).



**Figura 81.** *Pseudofallotella drobneae*.

A, B: secciones subaxiales. C: sección transversa ligeramente oblicua. D: detalle del aparato embrionario. C: cámara; f: foramen; pi: pilar; V: viga; vi: viguecilla. Extraído de Vicedo et al. (2014). Fotografías A-C x50; fotografía D x100.



**Figura 82.** *Roggerella aydimi*. A: sección axial. B: sección subaxial. C: sección transversa oblicua. D: sección transversa. C, E, F: secciones oblicuas. C: cámara; f: foramen; pi: pilar; Pr: prolóculo; s: septo; V: viga; vi: voguecilla. Extraído de Serra-Kiel et al. (2016). Fotografías x25.

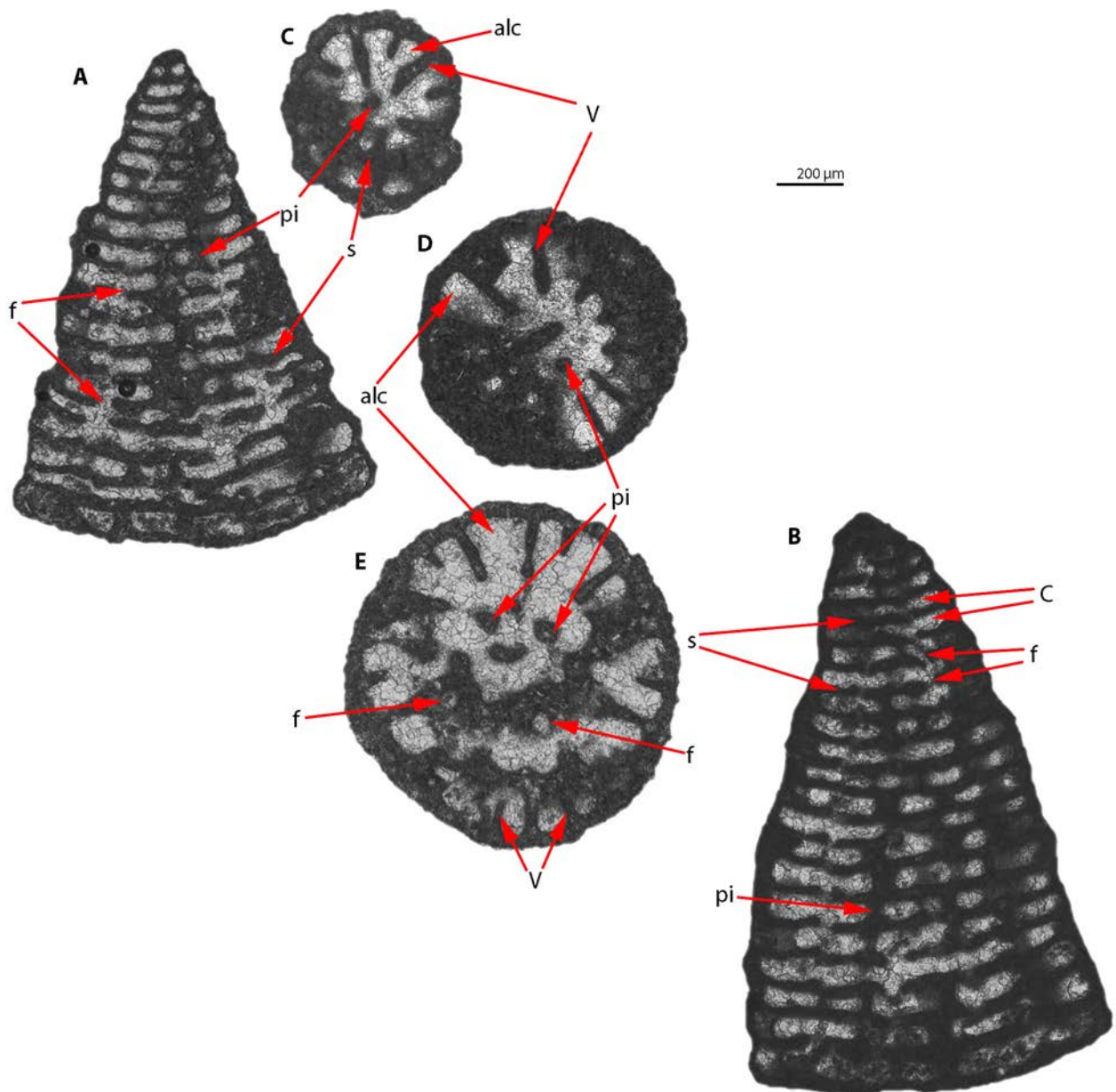
**Género *Lepinoconus* Cruz-Abad et al., 2017 (Fig. 83)**

Para la descripción véase Cruz-Abad et al. (2017b), documento anexo 2 de ésta tesis.

**Género *Cantabriconus* Schlagintweit et al., 2017**

Género descrito recientemente por Schlagintweit et al. (2017) del Aptiense supe-

rior-Albiense inferior del Norte de España (especie tipo: *C. reocinianus*). Se trata de una forma cónica relativamente simple, con base plana y aberturas en criba. El embrión es simple y excéntrico, y está seguido por las cámaras iniciales formando una trocospira de tipo esfenderínido. Las cámaras adultas se disponen uniseriadamente. La pared externa es probablemente pseudo-keriotecal y la zona marginal no está dividida por elementos exoes-



**Figura 83.** *Lepinoconus chiocchinii*. A, B: secciones subaxiales. C-E: secciones transversas. C: cámara; f: foramen; pi: pilar; s: septo; V: viga. Extraído de Cruz-Abad et al. (2017b). Fotografías x50.

queléticos. La parte central del cono presenta pilares, relativamente gruesos, que pueden estar fusionados entre sí dando el aspecto de una columela. Los pilares están alineados de una cámara a la siguiente.

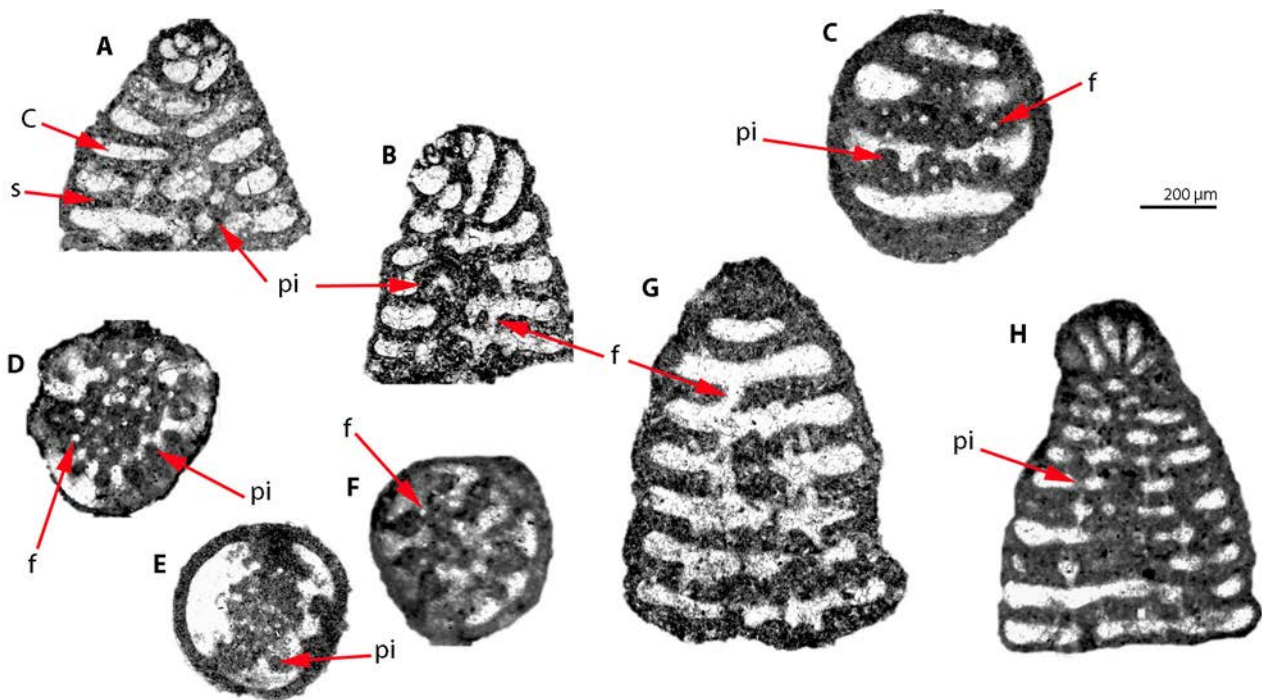
#### Descripción actualizada del género *Cantabriconus* (Fig. 84)

En esta tesis, se acepta la descripción de los autores como descripción válida para

*Cantabriconus*. Éste género caracteriza el límite Aptiense superior-Albiense inferior.

**Síntesis.** Desde el año 2000 se han descrito cinco nuevos géneros los cuales pasan a formar parte del inventario de los Orbitolinoideos: *Cantabriconus* para el Cretácico inferior, *Lepinoconus* para el Cretácico superior, *Pseudofallotela* para el Paleoceno y los géneros *Barattolites* y *Roggerella* para el Eoceno.





**Figura 84.** *Cantabriconus reocinianus*. A, B, H: secciones axiales. C: sección tangencial. D, E, F: secciones transversas ligeramente oblicuas. G: sección subaxial. C: cámara; f: foramen; pi: pilar; s: septo. Extraído de Schlagintweit et al. (2017). Fotografías x50.

#### 4.5. CLAVE DE DETERMINACIÓN GENÉRICA

A continuación se da una clave de diferenciación genérica, que se considera independiente de la clasificación sistemática que será discutida en el capítulo V. En la clave se excluyen los géneros cuya estructura no es clara. Teniendo en cuenta las descripciones de los géneros descritos anteriormente, el primer carácter a tener en cuenta es la presencia o ausencia de exoesqueleto y el tipo de exoesqueleto. En este carácter se incluye también la textura de la

pared, ya que el tipo de exoesqueleto está ligado a un tipo de textura determinada (carácter A en la clave). El segundo elemento a tener en cuenta es el tipo de endoesqueleto, pilares o tabiques y las modificaciones de estos (carácter B). El tercer elemento es la disposición de las aberturas que determina el flujo del protoplasma celular a través de la concha del foraminífero (carácter C). Finalmente, se tiene en cuenta la complejidad del aparato embrionario, su posición con respecto al eje del cono (apical o excéntrico) y la disposición de las cámaras juveniles (carácter D).

**A1.** Sin exoesqueleto (zona marginal de la cámara sin ningún tipo de estructuras; en el caso de *Coleiconus* presenta incipientes vigas). Pared aglutinada gruesa o pseudokeriotecal.

**B1.** Endoesqueleto: pilares

**B1.1.** Alternantes

**C1.** Aberturas en criba. Aberturas centrales y marginales.

**D1.** Aparato embrionario simple

**D1.1.** Espira inicial desarrollada: *Coskinolina*

D1.2. Espira reducida, apical: *Coskinon*

D1.3. Espira inicial desarrollada: *Coleiconus*

**C2.** Aberturas en criba centrales

D1. Aparato embrionario simple

D1.1. Excéntrico. Espira bien desarrollada: *Urgonina*

**B1.2.** Alineados

C1. Aberturas en criba en el centro de la cámara

D1. Aparato embrionario simple

D1.1. Espira inicial desarrollada: *Cantabriconus*

**B2.** Endoesqueleto: cúpulas incompletas ("tabiques" que no alcanzan el techo de la cámara precedente).

**B2.1.** Alternantes

C1. Aberturas oblicuas o subvertiales sin una alineación constante.

D1. Aparato embrionario simple, espira: *Falsurgonina*

**A2.** Exoesqueleto en alcobas (zona marginal de la cámara con vigas, aunque la presencia de incipientes viguecillas es también posible). Pared aglutinada más fina que en A1 (pero sin epidermis) o pared pseudokeriotecal.

**B1.** Endoesqueleto: pilares

**B1.1.** Alternantes. Ejes de estolones alternantes entre dos estadios de crecimiento sucesivos.

C1. Aberturas en criba. Aberturas marginales.

D1. Aparato embrionario simple

D1.1. Apical, pequeña espira: *Fallotella*, *Pseudofallotella*

D1.2. Excéntrico, espira: *Daviesiconus*

C2. Aberturas en criba en el centro de la cámara.

D1. Aparato embrionario simple

D1.1. Espira inicial marcada, comprimida, carenada: *Carinoconus*

**B1. 2.** Continuos. Ejes de estolones continuos entre dos estadios de crecimiento sucesivos.

C1. Aberturas en criba.

D1. Aparato embrionario simple,

D1.1. Excéntrico, espira?: *Paracoskinolina*

D1.2. Excéntrico, espira bien desarrollada: *Barattolites*

D1.3. Espira?: *Coskinolinoidea*

D1.4. Espira?: *Lepinoconus*

**B2.** Endoesqueleto: tabiques

**B2.1.** Alternantes

C1. Aberturas irregularmente distribuidas. Ejes alternantes entre dos estadios de crecimiento sucesivos.

D1. Aparato embrionario simple

D1.1. Apical. Pequeña espira: *Cribellopsis*

C2. Aberturas alineadas. Ejes alternantes entre dos estadios de crecimiento sucesivos.

D1. Aparato embrionario simple

D1.1. Apical: *Calveziconus*

B3. Endoesqueleto: cúpulas

C1. Aberturas alineadas, oblicuas y comunicación oblicua entrecruzada.

D1. Aparato embrionario simple

D1.1. Excéntrico, espira poco desarrollada: *Orbitolinopsis*

A3. Exoesqueleto reticular subepidérmico (zona marginal con vigas y viguecillas formando alveolos poligonales-“pigeon holes” en Hottinger (2006). Presencia de epidermis.

B1. Endoesqueleto: pilares

B1.1. Alternantes

C1. Aberturas en criba. Aberturas marginales. Ejes de los estolones oblicuos entrecruzados.

D1. Aparato embrionario simple

D1.1. Espira inicial: *Dictyoconus*

D1.2. Sin espira: *Cushmania*

C2. Aberturas en criba centrales. Ejes de los estolones oblicuos entrecruzados.

D1. Aparato embrionario simple

D.1.1. Espira inicial: *Paleodictyoconus*

D2. Aparato embrionario complejo

D1.1. Apical. P + D (exo): *Rectodictyoconus*

D.1.2. Apical. P + D (exo) + Zona periembrionaria: *Dictyorbitolina*

B1.2. Continuos

C1. Aberturas en criba

D1. Aparato embrionario simple, excéntrico: *Praedictyorbitolina*

B2. Endoesqueleto: pilaroides

B2.1. Alternantes

C1. Aberturas en criba. Ejes de los estolones oblicuos entrecruzados

D1. Aparato embrionario simple, apical: *Valdanchella*

B3. Tabiques radiales, alternantes entre dos pasos de crecimiento consecutivos, con individualización de camarillas.

B3.1. Tabiques radiales

C1. Aberturas (estolones) radiales. Comunicación oblicua entrecruzada.

D1. Aparato embrionario simple

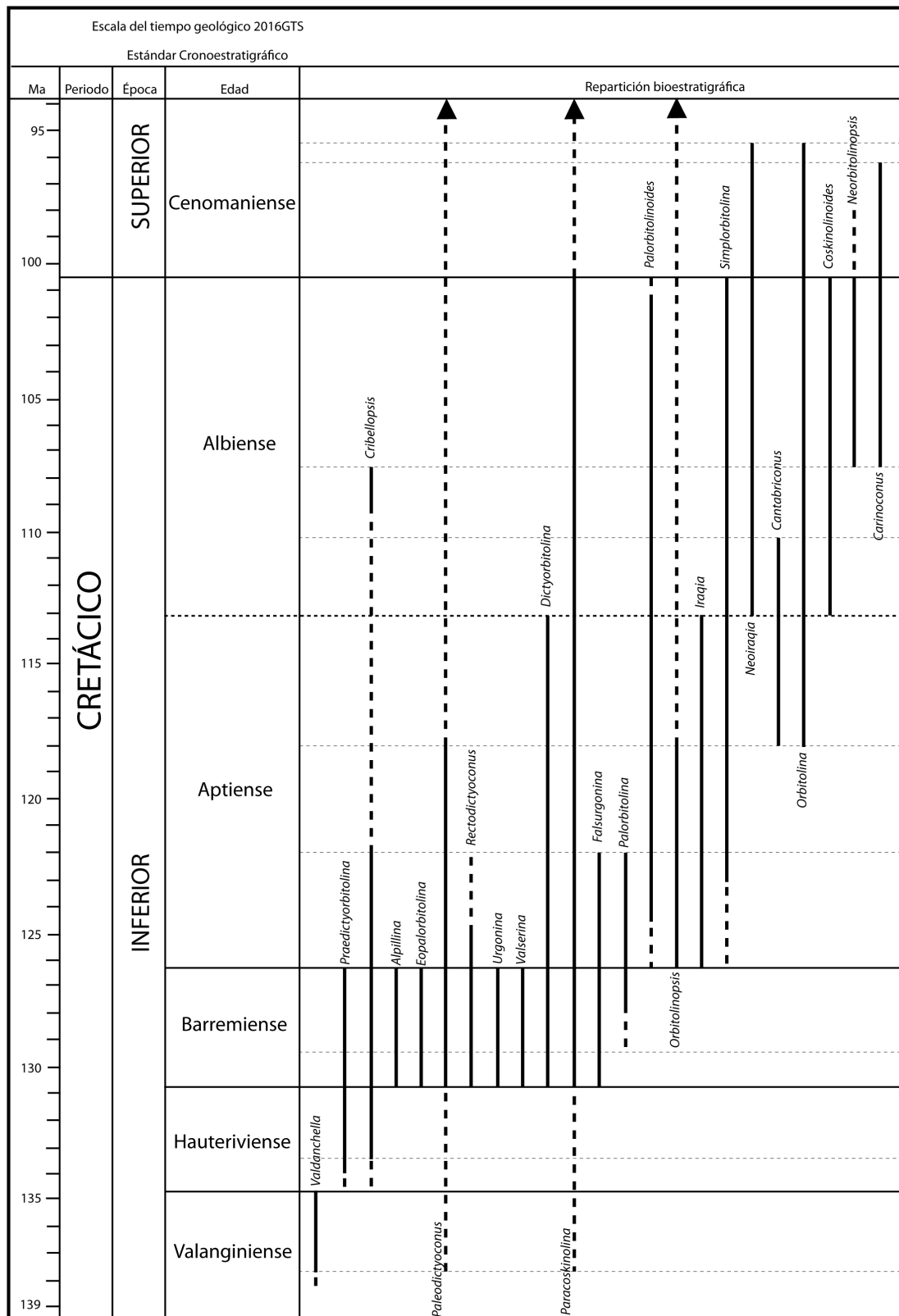
D1.1. Apical, sin espira: *Iraqia*

B3.2. Tabiques radiales (ondulados)

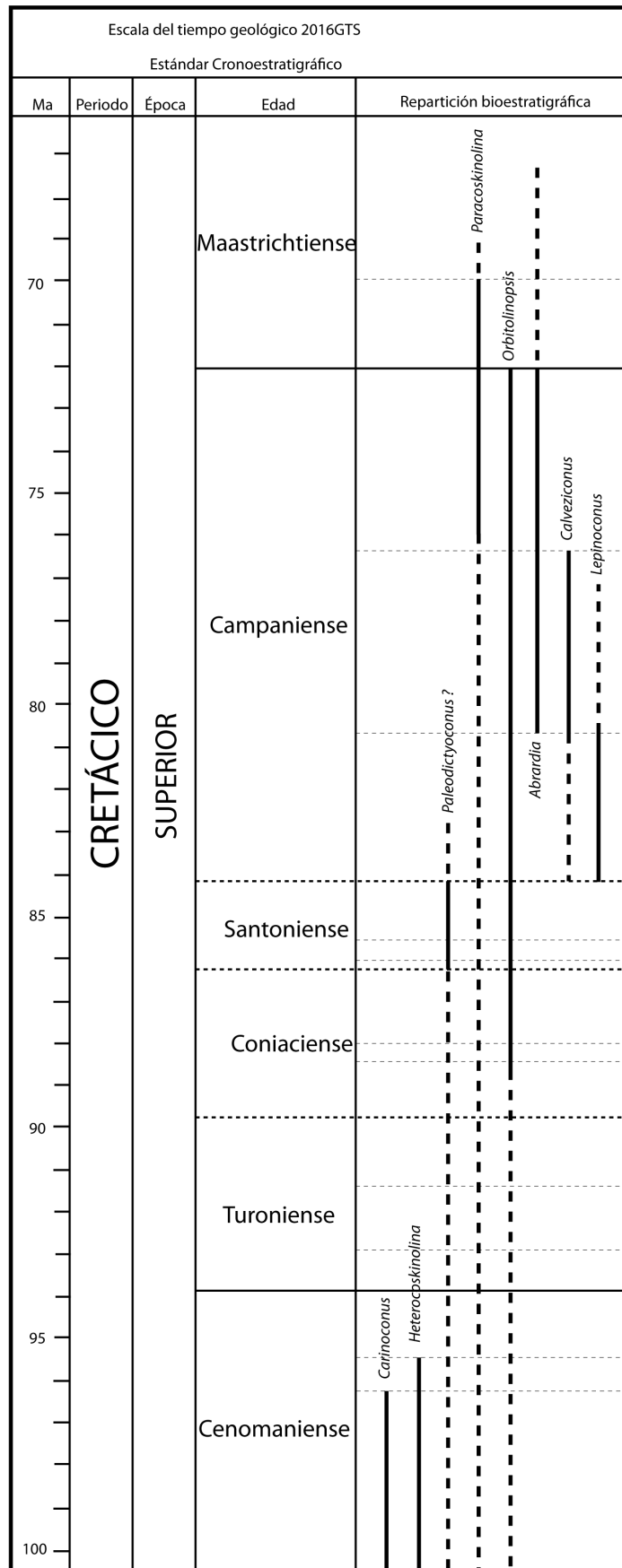
C1. Aberturas (estolones) radiales. Comunicación oblicua entrecruzada.

- D1. Aparato embrionario simple
  - D1.1. Excéntrico, pequeña espira: *Simplorbitolina*.
- D2. Aparato embrionario complejo
  - D2.1. Apical. P + D (exo) + Zona subembrionaria: *Neorbitolinopsis*
  
- B3.3. tabiques ligeramente zigzagueantes
  - C1. Aberturas (estolones) radiales. Comunicación oblicua entrecruzada.
    - D1. Aparato embrionario simple
      - D1.1. Excéntrico, espira reducida: *Valserina*
    - D2. Aparato embrionario apical y complejo
      - D1.1. Apical, P + D + Zona subembrionaria: *Alpillina*
  
- B3.4. Tabiques meandriformes. Zonas radial y reticular bien definidas.
  - C1. Aberturas (estolones) radiales. Comunicación oblicua entrecruzada.
    - D1. Aparato embrionario apical y complejo
      - D1.1. P + D (exo) + Zona periembrionaria: *Palorbitolina*, *Eopalorbitolina*
      - D1.2. P + D (exo) + Zona periembrionaria muy desarrollada: *Palorbitolinoides*
      - D1.1. P + D (exo) + Zona subembrionaria: *Orbitolina*, *Mesorbitolina*, *Conicorbitolina*
    - D2. Aparato embrionario excéntrico y complejo
      - D2.1. P + D + zona subembrionaria: *Praeorbitolina*
  
- B4. Cúpulas
  - C1. Estolones radiales. Comunicación oblicua entrecruzada.
    - D1. Aparato embrionario complejo
      - D1.1. Apical, P + D (exo) + zona periembrionaria: *Neoiraqia*

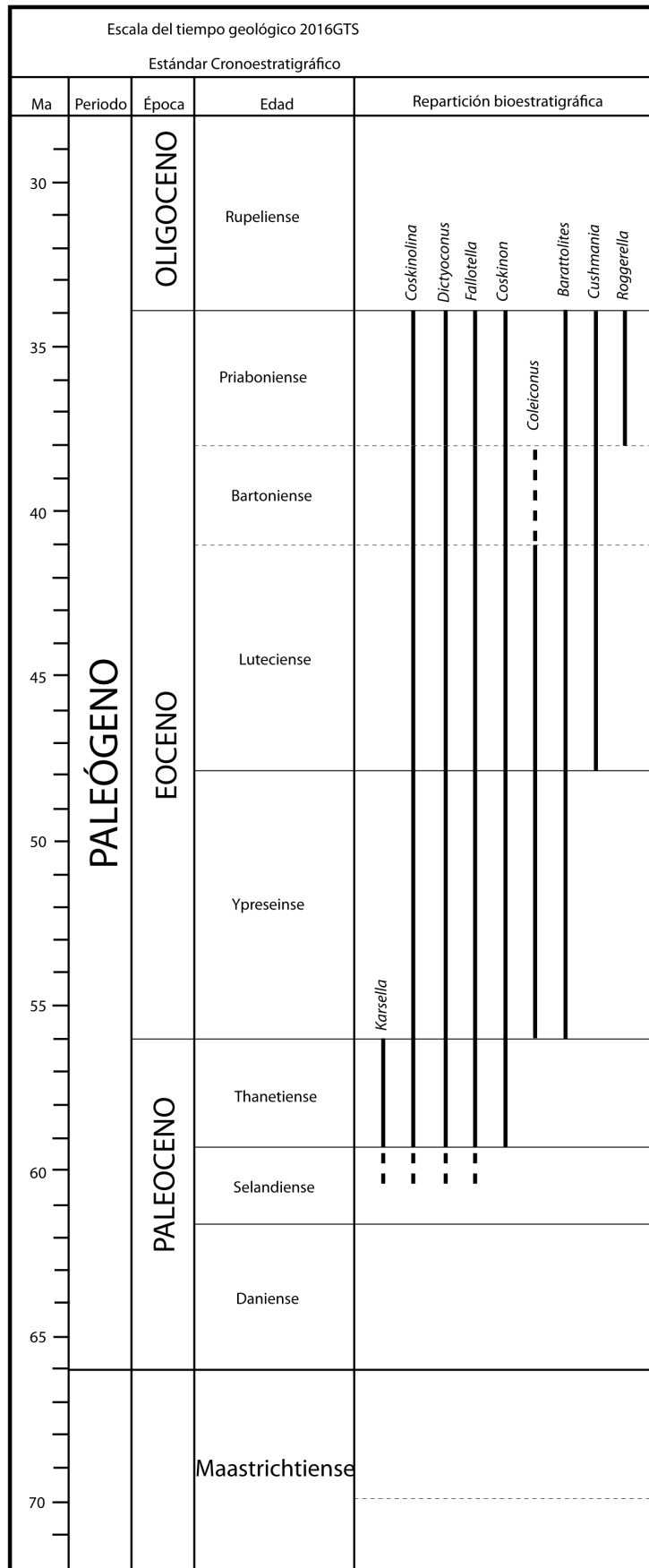
## 4.6. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA (GÉNEROS)



**Figura 85.** Distribución estratigráfica de los géneros de Cretácico inferior. Datos extraídos principalmente de Arnaud-Vanneau (1980), Schroeder y Neumann (1985), Loeblich y Tappan (1987), Bernaus (1999), Schroeder et al. (2010) y datos propios.



**Figura 86.** Distribución estratigráfica de los géneros de Cretácico superior. Datos extraídos principalmente de Schroeder y Neumann (1985), Loeblich y Tapan (1987) y datos propios.



**Figura 87.** Distribución estratigráfica de los géneros de Terciario. Datos extraídos principalmente de Hottinger y drobne (1980), Vecchio y Hottinger (2007), Serra-kiel et al. (2016) y datos propios.

5

# CLASIFICACIÓN SISTEMATICA DE LOS ORBITOLINOIDEOS: DISCUSIÓN



Clasificar los diversos organismos (en este caso los foraminíferos) en categorías de rango diverso, superiores al binomio género y especie establecido por Linné (1735), ha sido (y es), por razones prácticas o especulativas, un hecho generalizado. Por definición, la sistemática busca el establecimiento de una clasificación natural que repose sobre las afinidades de parentesco (filogenia). Así, desde los inicios de los estudios de los foraminíferos, los investigadores han intentado el establecimiento de una clasificación teniendo en cuenta caracteres morfológicos diversos. En la mayoría de las clasificaciones han intentado unificar las formas fósiles y actuales, al menos para los foraminíferos post-paleozoicos. No obstante los criterios de jerarquización taxonómica utilizados en la mayoría de las clasificaciones actualmente en uso (por ejemplo: Loeblich y Tappan, 1987; 1992; 1994), al menos para la mayor parte de las formas fósiles, presentan ciertas incongruencias. En estas clasificaciones se considera como criterio principal para dividir el Orden Foraminifera la textura de la pared y subordinadamente la disposición de las cámaras.

Recientemente, Pawlowski et al., (2013), basándose en estudios moleculares, han aportado nuevos datos clarificadores en la clasificación de los foraminíferos en sus niveles superiores, estableciendo el **Filum Foraminifera** compuesto por tres clases: Monothalamea, Tubothalamea y Globothalamea, aunque otros autores (por ejemplo: Kaminski, 2014) confieren a **Foraminifera** categoría de clase y a las clases citadas por Pawlowski et al., (2013) categoría de subclases. En esta tesis se considera la clasificación de Pawlowski (2013), que incluye los orbitolinoideos (y coskinolinoideos *sensu* Kaminski, 2014) en la **Clase Globothalamea**, que comprende todas las formas pluriloculares cuyas cámaras son típicamente glo-

bulares, en oposición a Tubothalamea, que comprende las formas pluriloculares, cuyas cámaras son típicamente tubulares. La Clase Monothalamea agrupa las formas uniloculares.

En el interior de la clase Globothalamea, los orbitolinoideos (y coskinolinoideos *sensu* Kaminski, 2014) se incluyen en el orden **Textulariida** Delage y Hérouard, 1896, *sensu* Pawlowski et al., (2013). Los órdenes Lituolida Lankester, 1885, Loftusiida Kaminski y Mikhalevich, 2004, y Textularriida Delage y Hérouard, 1896 (emendado por Kaminski, 2004) propuestos por Kaminski (2014) no se tienen en cuenta en este trabajo, ya que los criterios que los definen son poco claros y deberán ser evaluados en futuros estudios.

Pasando a un grado inferior (suborden) Kaminski (2004) estableció **Orbitolinina** para los foraminíferos "con concha trocospiral o cónica, que en estadios adultos pueden reducir el número de cámaras por vuelta de espira o ser uniseriada y rectilínea; el interior de las cámaras de los taxones más avanzados está dividido por particiones verticales, horizontales o ambas (según la terminología adoptada en este trabajo corresponden a los términos vigas y viguecillas, que forman el exoesqueleto), por particiones transversas (según la terminología adoptada en esta tesis, corresponden a tabiques) o con pilares (ambos elementos forman parte del endoesqueleto) y con abertura cribada". En tal definición incluyó las siguientes superfamilias: Pfenderinoidea Smout y Sugden, 1962; Coskinolinoidea Moullade, 1965 y Orbitolinoidea Martin, 1890, que corresponden a familias en las definiciones originales. La primera superfamilia comprende formas con disposición de las cámaras trocospiral en toda su ontogenia, mientras Coskinolinoidea y Orbitolinoidea reúnen formas con las cáma-

ras adultas uniseriadas, por lo que en este trabajo se propone reunir las Superfamilias Coskinolinoidea y Orbitolinoidea en una única superfamilia **Orbitolinoidea**.

Así, en Orbitolinoidea se incluirían dos familias: Coskinolinidae Moullade, 1965, y Orbitolinidae Martin, 1890. La familia Coskinolinidae fue definida como la formada por “foraminíferos con una concha cónica alta, estadio inicial trocospiral y después uniseriada, rectilínea con cámaras anchas y bajas, y su interior subdividido por pilares o particiones irregulares (en esta última definición el autor incluye géneros con cúpulas –el caso de *Kilianina*– o con peristomas con prolongaciones endoesqueléticas –caso de *Pseudolituonella*); y abertura basal, cribada”. La definición de Moullade (1965) fue seguida por Loeblich y Tappan (1987), aunque estos autores atribuyeron a esta familia únicamente los géneros *Coskinolina*, *Coskinon*, *Coleiconus*, *Pseudolituonella* y *Lituonelloides*. No obstante, estos dos últimos géneros no presentan las particularidades enunciadas para la familia (véase capítulo IV). La familia Orbitolinidae según Loeblich y Tappan (1987) se define como “foraminíferos con una concha cónica con los primeros estadios de crecimiento trocospirales o pseudoplanispirales, después rectilíneos con cámaras discoidales más anchas que altas, subdivididas en su zona marginal por elementos exoesqueléticos (alcobas o alveolos, en la nomenclatura de esta tesis) y con divisiones verticales (tabiques o pilares) en su zona central. Las aberturas situadas en el centro de las cámaras. El aparato embrionario puede ser simple o complejo”.

De estas definiciones se deduce que el único carácter que no es compartido entre ambas familias (Coskinolinidae y Orbitolinidae) es la existencia de una zona marginal

no dividida en la primera familia, aunque el género (o subgénero) *Coleiconus*, incluido en Coskinolinidae, presenta incipientes vigas, mientras que en Orbitolinidae la zona marginal está siempre dividida, ya sea con un exoesqueleto en alcobas o reticular subepidérmico. Según Loeblich y Tappan (1987) y Kaminsky (2014) a esta última familia se deberían incluir todos los orbitolinoideos, a excepción de los antes mencionados incluidos en Coskinolinidae. Sin embargo, en Orbitolinidae coexisten, desde el Cretácico temprano, géneros con dos tipos de exoesqueleto claramente diferenciados: reticular subepidérmico y en alcobas, lo que indicaría la existencia de dos orígenes distintos. En este trabajo se agrupan los morfotipos con exoesqueleto reticular subepidérmico bajo la familia Orbitolinidae Martin, 1890, y se propone la familia Fallotellidae (género tipo: *Fallotella*) para las formas con exoesqueleto en alcobas. Como resultado Orbitolinoidea incluiría tres familias: **Coskinolinidae**, **Fallotellidae** n. fam. y **Orbitolinidae**.

Las subfamilias Orbitolininae y Dictyoconinae, basadas en la presencia de un embrión simple o complejo serían, por lo tanto, incongruentes con la nueva clasificación. La definición de subfamilias en el interior de las familias anteriores deberá abordarse en un futuro teniendo en cuenta, principalmente, los patrones de comunicación entre cámaras sucesivas y los modelos de endoesqueleto, así como la relación entre los elementos esqueléticos (exoesqueleto y endoesqueleto) y el tipo de embrión.

**Nota:** los términos en negrita son los que han sido aceptados como válidos en ésta tesis.



6

**LOS ORBITOLINOIDEOS  
DE LOS APENINOS  
CENTRALES  
Y MERIDIONALES  
(ITALIA)**

## 6.1. INTRODUCCIÓN

Los Apeninos centrales y meridionales, junto con los Apeninos septentrionales, constituyen una cadena montañosa que atraviesa la Península Italiana de NW a SE, formando los relieves más elevados de la misma. Geológicamente, están constituidos por rocas sedimentarias de edad mesozoica y cenozoica, depositadas en un contexto de plataforma carbonatada poco profunda y, secundariamente, de cuencas pelágicas, que fueron posteriormente plegados y desplazados. Actualmente forman un conjunto de complejas unidades tectónicas, desarrolladas a partir del Neógeno y aún en evolución (Noguera y Rea, 2000; Butler et al., 2004).

Los depósitos estudiados forman parte de la Plataforma Apenínica (ACP), que incluye, al norte, la plataforma de Lazio-Abruzzo y, al sur, la plataforma Campano-Lucana (Fig. 2). La ACP formaba parte del archipiélago carbonatado que, durante el Mesozoico, ocupaba la zona central del Tethys junto a las plataformas Panormida, Apulia, Adriática y Gavrovo (D'Argenio, 1970; Fleury, 1980; Bernoulli, 2001; Bosellini, 2004; Vlahovic et al., 2005; Cosentino et al., 2010; Zarcone et al., 2010). Estaba limitada al norte y oeste por el océano Ligur, y al este por la cuenca de Lagonegro. Esta cuenca separaba la ACP (situada al oeste) de la Plataforma de Apulia (situada al este) (Mostardini and Merlini, 1986; Patacca y Scandone, 2007). La plataforma de Apulia comprende, entre otras, las unidades de Apulia, Gargano y Majella.

En la ACP la sedimentación carbonatada empezó en el Triásico medio y se prolongó casi hasta el final del Cretácico, cuando la plataforma emergió. Sin embargo, la sedimentación carbonatada se instaló de nuevo en la ACP, al menos localmente, duran-

te el Paleógeno y Mioceno inferior, cuando fue substituida por depósitos siliciclásticos de medios profundos. Se estima que la sucesión carbonatada mesozoica de la ACP es de alrededor de 4-5 km de espesor, de los que 1-1,2 km corresponden al Cretácico (Sartoni y Crescenti, 1962; D'Argenio y Alvarez, 1980; Frijia et al., 2015). Los carbonatos, principalmente calizas y dolomías, del Triásico al Cretácico inferior se consideran depositados en una plataforma de tipo Bahamas, dominada por corales y algas (D'Argenio et al., 1975), mientras los del Cretácico superior, con predominancia de rudistas y foraminíferos, se consideran depositados en un medio de tipo rampa (Carannante et al., 1997).

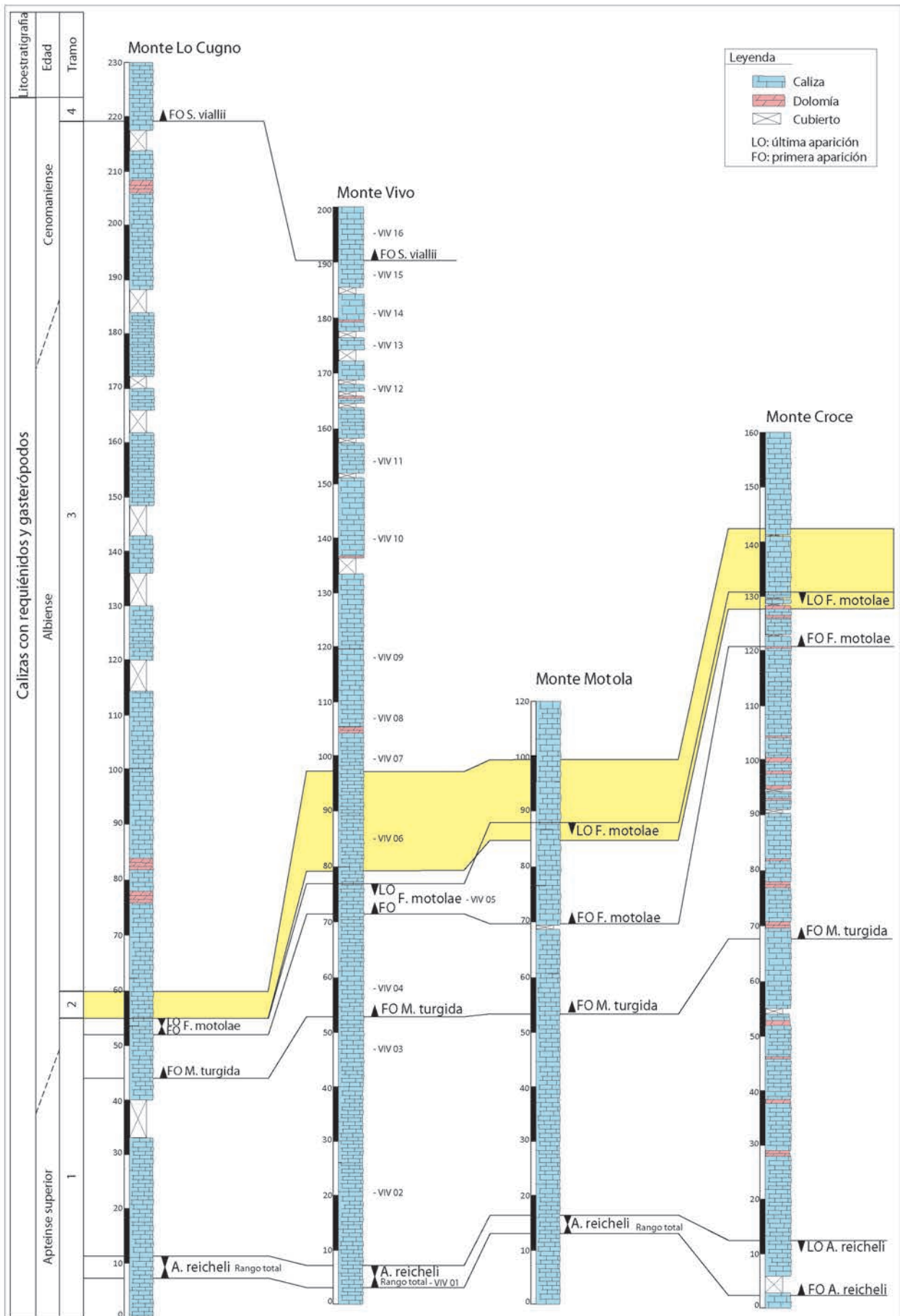
## 6.2. CRETÁCICO INFERIOR

### 6.2.1. Estratigrafía y facies

Para el estudio de los orbitolinoideos del Cretácico inferior se han escogido 4 secciones estratigráficas, que se extienden a lo largo de un transecto NW-SE, el cual va desde el Monte Croce en los Montes Aurunci (17 km al noroeste de la ciudad de Formia, Lacio) en los Apeninos centrales, hasta los Montes Motola, Vivo y Lo Cugno (aproximadamente unos 60 km al SE de la ciudad de Salerno, Campania) en los Apeninos meridionales (Fig. 88). La base de todas las secciones estudiadas se ha establecido unos

---

**Figura 88.** Esquema de correlación de las secciones estudiadas basado en varios marcadores bioestratigráficos, que de la base al techo son: a) extensión total de *Archaeoalveolina reichelii*; b) primera aparición de *Morelletpora turgida* (Radoičić); c) extensión total de *Fissumella motolae* Cruz-Abad, Consorti y Caus d) primera aparición de *Sellialveolina viallii*. El nivel amarillo corresponde al nivel con orbitolinoideos estudiados. Modificado de Cruz-Abad et al. (2017a).



metros por debajo de la primera aparición (FO) de *Archaeoalveolina reicheli* (De Castro), mientras el techo, en las secciones de Monte Lo Cugno y Monte Vivo, se ha fijado en la primera aparición (FO) de *Sellialveolina viallii* Colalongo; ambos taxones se han podido identificar perfectamente en el campo por su color blanco, distintivo de su pared porcelanada, a menudo alterada (Fig. 88).

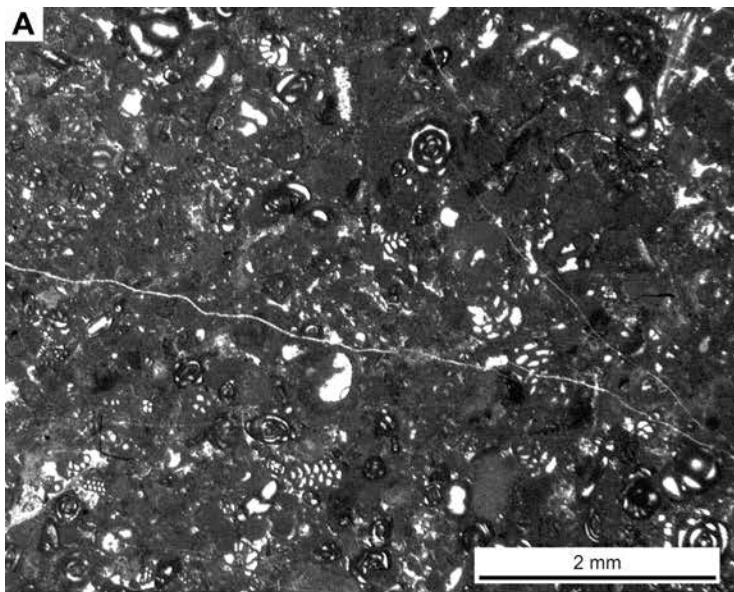
Se trata de calizas con algunos niveles de dolomías atribuidas a la unidad estratigráfica "Calizas con requiéndidos y gasterópodos" (Sgrosso et al., 2008). Mayoritariamente corresponden a texturas *packstone*, aunque las texturas *grainstone* y *mudstone* son también frecuentes. De la base al techo distinguimos cinco tramos estratigráficos (Fig. 88):

a) Tramo 1: corresponde a todos los materiales depositados por debajo del nivel de orbitolínidos estudiados. La base se caracteriza por *grainstones* de grano muy fino, con *patches* aislados de textura *pack-grainstone*. Localmente se intercalan niveles de *wackestone* a *packstone* con abundante matriz micrítica. Los componentes esqueléticos de ambas facies comprenden abundantes foraminíferos porcelanados simples (milioliformes), *Praechrysalidina infracretacea* Luperto Sinni, *Archaeoalveolina reicheli*, pequeñas formas biseriadas aglutinadas, algunos foraminíferos cónicos indeterminados (*Sabaudia?*), raros ostrácodos y fragmentos de bivalvos, gasterópodos, briozoos y algas clorofíceas. En algunas láminas se observa *Lithocodium*. Los componentes no esqueléticos comprenden pequeños granos agregados y sub-redondeados formados de matriz micrítica y fragmentos esqueléticos (Fig. 89 A y B). La deposición de esta facies se interpreta como de plataforma protegida, con relativa energía. Localmente, entre estas facies aparecen niveles intercalados de *wacke-packstones*, con

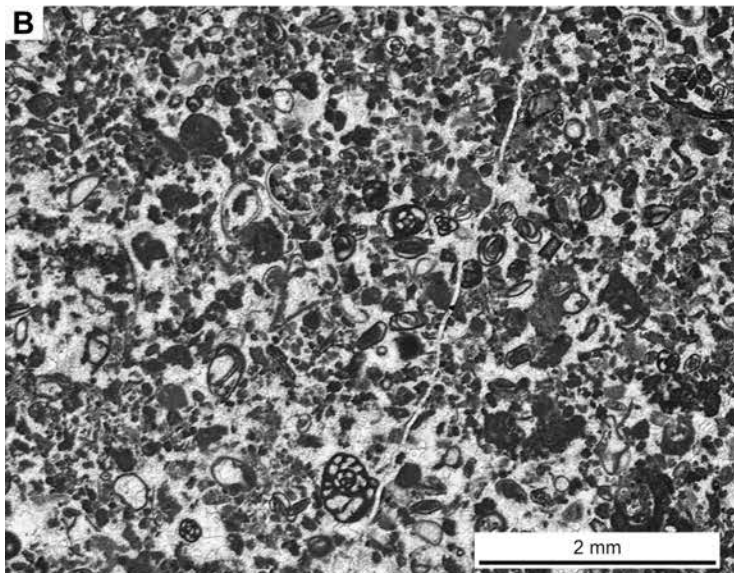
abundante matriz micrítica, localmente laminada, con abundantes ostrácodos, *Fissumella motolae* Cruz-Abad, Consorti y Caus, algunos pequeños miliólidos simples, nezzazátidos, textuláridos simples y cónicos indeterminados. Esta facies ha sido interpretada como indicativa de deposición en un ambiente proximal y somero, posiblemente con momentos de exposición sub-aérea.

b) Tramo 2: corresponde al nivel de orbitolínidos estudiado. Las facies tienen textura *grainstone* de grano fino, con abundantes foraminíferos cónicos (*Neoiraqia insolita* Decrouez y Moullade, y *Cribelloopsis* aff. *arnaudae* Chiocchini), *Prechrysalidina infracretacea* Luperto Sinni, pequeños textuláridos uni y biseriados, y miliólidos simples. Son comunes los fragmentos de gasterópodos. Menor es la abundancia de algas clorofíceas, fragmentos de bivalvos y briozoos. Son raros los granos agregados. A estas facies se le intercalan niveles de *wackestones* con ostrácodos y miliólidos, similares a los observados en niveles inferiores (Fig. 89C).

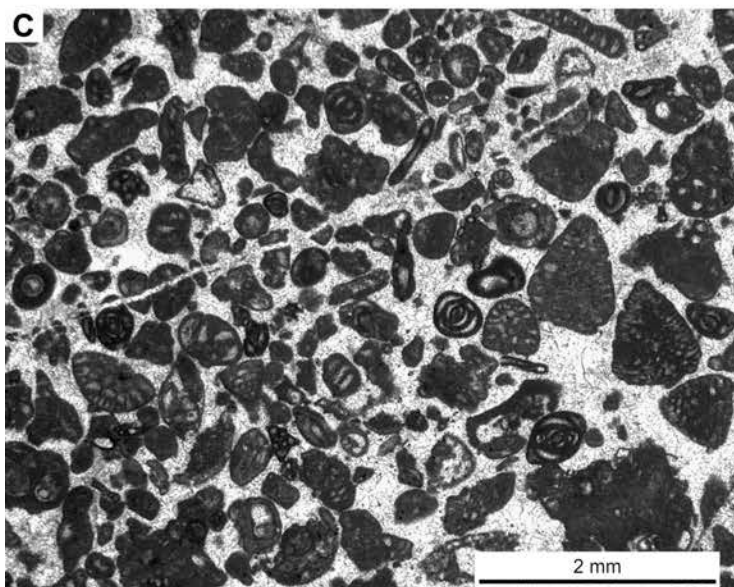
c) Tramo 3: hacia el techo de la sección, las facies de *grainstone* fino se mantienen, pero aparecen niveles de textura *packstone*, con abundante matriz micrítica parcialmente recristalizada, donde los foraminíferos cónicos y los miliólidos simples son abundantes, y la presencia de algas dasicladales y fragmentos de bivalvos son raros. También se intuye la presencia de peloides y algunos granos agregados. Algunos de estos *packstones* gradan a facies más micríticas (*wackestones* a *wacke-packstones*) con foraminíferos porcelanados indiferenciados, miliólidos simples y cuneolínidos. Esta facies presenta disolución y relleno diferencial, indicando exposición. Este intervalo se interpreta como un *lagoon* poco profundo, de energía moderada, con intervalos depositados en ambiente de menor ener-



Packstone con patches aislados de textura wackestone. Los componentes esqueléticos comprenden abundantes foraminíferos porcelanados (miliólidos simples, *Archaeoalveolina reichelii*), foraminíferos aglutinados (*Cuneolina*, *Praechrysalidina*, *Sabaudia*, nezzazátidos, pequeñas formas biseriadas), raros fragmentos de bivalvos, briozoos y *Lithocodium*. Los aloquímicos no esqueléticos comprenden pequeños peloides e intraclastos subredondeados.



Grainstone de grano muy fino con algunos patches de micrita. Contiene abundantes foraminíferos porcelanados (*Fissumella motolae*, miliólidos simples), algunos aglutinados (*Cuneolina*, nezzazátidos), ostrácodos, y algún fragmento de bivalvo. Los componentes no esqueléticos comprenden abundantes peloides y algún pequeño intraclasto.



Grainstone de tamaño muy fino a fino, rico en foraminíferos cónicos incluyendo *Cribellopsis* aff. *arnaudae*, *Neoiraqia insolita*, *Praechrysalidina infracretacea*, *Cuneolina*, nezzazátidos, miliólidos simples. Son comunes los fragmentos de gasterópodos, y en menor medida de bivalvos, algas clorofíceas, equinodermos y briozoos. Los componentes no esqueléticos comprenden intraclastos sub-redondeados ricos en matriz micrítica con fragmentos de fauna.

**Figura 89.** Fotografías de las microfacias más representativas de los tramos 1 y 2 de la [figura 88](#).

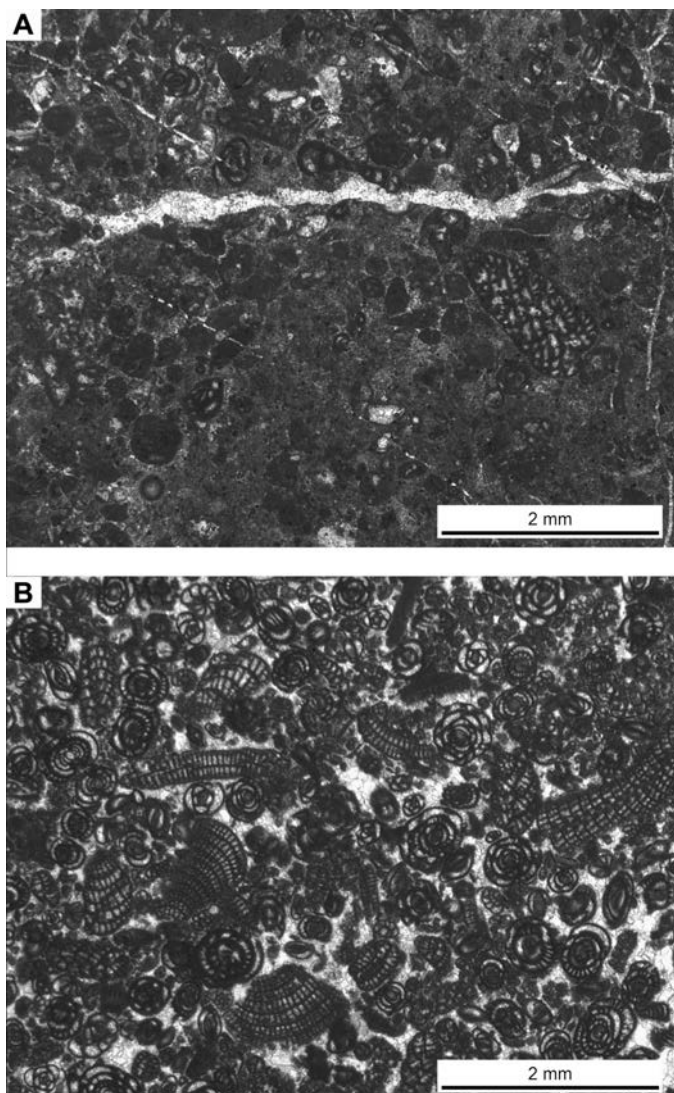


gía, muy somero, con posibles episodios de exposición. (Fig. 90A)

d) Tramo 4: la sección culmina con *packstones* y *pack-grainstones* con abundantes foraminíferos aglutinados, incluyendo diciclínidos, y *Sellialveolina viallii*. Los componentes no esqueléticos comprenden abundantes peloides de grano fino. Se interpreta como depositado en un ambiente de *lagoon* (Fig. 90B).

En el conjunto, Chiocchini et al. (2008) diferenciaron 6 zonas bioestratigráficas, que de la base al techo son (Fig. 91): 1) bio-

zona de *Salpingoporella dinarica* Radoičić (caracterizada por la aparición de *S. dinarica*; 2) biozona de *Archaeoalveolina reicheli* (caracterizada por la aparición de *A. reicheli*); 3) biozona de *Dictyoconus algerianus* Cherchi y Schroeder (caracterizada por la aparición de "*D. algerianus*"); 4) biozona de ostrácodos y miliólidos (biozona muy imprecisa, que presenta en toda su extensión varios biomarcadores: *Cribellopsis arnaudae*, *Neoiraqia insolita* y *Sellialveolina vialli*); 5) biozona de *Pseudorhapydionina dubia* (De Castro) y *P. laurinensis* (De Castro) (con la primera aparición de *Cisal-*



Packstone con abundante matriz micrítica parcialmente recristalizada a calcita de tamaño criptocristalino a muy fino. Los fragmentos de algas dasicladales y ostrácodos son comunes, así como los foraminíferos bentónicos (*Cuneolina*, *Praechrysalidina infracretacea*, miliólidos simples, pequeños cónicos indeterminados). Los componentes no esqueléticos comprenden intraclastos sub-redondeados, y algunos peloides de pequeño tamaño, que pueden ser fragmentos esqueléticos micritizados.

Pack-grainstone con abundantes foraminíferos bentónicos que comprenden *Dicyclina*, *Cuneolina*, *Sellialveolina viallii*, miliólidos simples y pequeños textularidos indeterminados. Los fragmentos de algas rodofíceas y ostrácodos son raros. Los parches de matriz micrítica contienen abundantes peloides de tamaño muy fino.

**Figura 90.** Fotografías de las microfacias más representativas de los tramos 3 y 4 de la **figura 88**.

Age (My)	Stage	Biozones	Biostratigraphic Events
93.9	Cenomanian	<i>C. gradata</i> & <i>P. reicheli</i>	↑ FO <i>C. fraasi</i>
		<i>P. dubia</i> & <i>P. laurinensis</i>	↑ FO <i>C. lehneri</i>
			↑ FO <i>S. viallii</i>
100.5	Albian	<i>Ostracoda</i> & <i>Miliolidae</i>	↑ FO <i>N. insolita</i>
			↑ FO <i>C. arnaudae</i>
113	Aptian	<i>Dictyoconus algerianus</i>	↑ FO <i>D. algerianus</i>
		<i>Archaealveolina reicheli</i>	↑ FO <i>A. reicheli</i>
		<i>Salpingoporella dinarica</i>	↑ FO <i>S. dinarica</i>
126.3			

**Figura 91.** Zonación bioestratigráfica del intervalo Aptiense-Cenomaniense de los Apeninos centrales y meridionales. Según Chiocchini et al. (2008).

veolina *lehneri* Colacicchi y 6) biozona de *Chrysalidina gradata* d'Orbigny y *Pseudolituonella reicheli* Marie (en cuya parte superior aparecería *Cisalveolina fraasi* (Reichel)). Cronostratigráficamente, las dos primeras biozonas corresponderían al Aptiense; la biozona de "*D. algerianus*" comprendería en su límite Aptiense-Albiense; la biozona de ostrácodos y miliólidos correspondería a la mayor parte del Albiense y la parte inferior del Cenomaniense, mientras las biozonas 5 y 6 corresponderían a la parte media y superior del Cenomaniense.

En este trabajo se han caracterizado varios biohorizontes, que han servido para

establecer la correlación entre secciones (Fig. 88). Estos horizontes son:

a) Intervalo de extensión total de *A. reicheli* que corresponde a un intervalo de escaso espesor en todas las secciones estudiadas (4-10 m) caracterizado, además del taxón que da nombre al intervalo, por *Saubaudia minuta* Hofker, *Cuneolina laurentii* Santoni y Crescenti y *Praechrysalidina infracretacea*. Se trata de un biohorizonte relevante ya que ha sido datado por medio de isótopos del carbono (Di Lucia et al., 2012), como del Aptiense terminal (zona de de ammonites de *Hypacantoplites jacobii*).

b) Primera aparición (FO) del alga dasicladal *Morelletpora túrgida* (ex *Salpingoporella túrgida* Radoičić).

c) Intervalo de extensión total de *Fissumella motolae*. Se trata de un intervalo que en la sección de Monte Lo Cugno tiene un espesor de 3 m, en la de Monte Motola 8 m y en las secciones de Monte Vivo y Monte Croce alcanza unos 20 m de espesor y está situado 45-98 m por encima de la primera aparición de *A. reicheli*. *Fissumella motolae* es un nuevo género de foraminífero porcelanado del grupo de los sorítidos descrito durante la realización de la presente tesis (véase anexo 1). Este intervalo presenta, además, *Praechrysalidina infracretacea*, *Sabaudia minuta*, *Nezzazata isabellae* Arnaud-Vanneau y Sliter, *Pseudonummoloculina aurigera* Calvez, *Cuneolina* sp., miliólidos y texturalidos indeterminados, algas dasicladales y ostrácodos. La edad atribuida a este intervalo es Albiense inferior (Di Lucia et al., 2012; Cruz-Abad, et al., 2017a).

d) Intervalo con *Cribellopsis* aff. *arnaudae* y *Neoiraqia insolita*. Además de las formas mencionadas, este intervalo se caracteriza por *Praechrysalidina infracretacea* y *Pseudonummoloculina aurigera*.

e) Primera aparición (FO) de *S. viallii*. Esta especie, según Vicedo et al. (2012), caracteriza el Cenomaniense inferior y está asociada a *Cuneolina pavonia* d'Orbigny, *Ovalveolina maccagnoae* De Castro, *Nezzazata*, *Nummoloculina* cf. *irregularis* (d'Orbigny), *Vidalina radoicicae* Cherchi y Schroeder y *Spiroloculina*.

### 6.2.2. Descripción de los orbitolínidos

Los orbitolínidos aparecen en todas las secciones estratigráficas en la misma posición

estratigráfica (véase Fig. 2). En las secciones de Monte Motola y Monte Croce aparecen conjuntamente con *F. motolae*, en la parte superior del intercalo de *F. motolae*. El espesor del nivel que contiene orbitolinoideos alcanza escasamente los 10 m en el Monte Lo Cugno, mientras en Monte Vivo, Monte Motola y Monte Croce el intervalo presenta un espesor de aproximadamente 20 m.

La descripción de los taxones se ha basado en 75 láminas delgadas, obtenidas de 23 muestras de roca no disgregable. El material estudiado se ha depositado en la colección de la Universitat Autònoma de Barcelona.

En las secciones estudiadas se han identificado dos orbitolínidos *Cribellopsis* aff. *arnaudae* y *Neoiraqia insolita*. En la descripción de los géneros se han seguido los criterios expuestos en los capítulos III y IV.

#### Sistemática

Phylum Foraminifera Pawlowski et al., 2013  
Clase Globothalamea Pawlowski et al., 2013  
Order Textulariina Delage & Hérouard, 1896  
Suborden Orbitolina Kaminski, 2004  
Superfamilia Orbitolinoidea Martin, 1890  
Familia Orbitolinidae Martin, 1890

#### Género *Cribellopsis* Arnaud-Vanneau, 1980

Concha cónica de pared aglutinada gruesa (tipo *Fallotella*). La zona marginal está dividida en alcobas por medio de vigas alternantes de una cámara a la siguiente. El endoesqueleto está constituido por tabiques más o menos rectilíneos, que hacia el centro se bifurcan y forman una zona reticular. El aparato embrionario megaloesférico es simple y en posición apical. Para más información véase el capítulo IV.

Especie *Cribellopsis* aff. *arnaudae*  
Chiocchini, 1989

(Figs. 92, 93)

**Descripción:** forma cónica relativamente alta, de tamaño medio. Las dimensiones máximas observadas son 1,740 mm de altura por 1 mm de diámetro en ejemplares con 23 estadios de crecimiento. La altura media para 15 estadios de crecimiento es de alrededor de 1 mm y un diámetro medio alrededor de 0,600 mm; la relación de D/L es aproximadamente 1/2. La cara apertural es plana o ligeramente convexa y las aberturas son subverticales. Las secciones a nuestra disposición no permiten establecer un claro dimorfismo. El prolóculo megaloesférico está en posición apical y está formado por una protochocha esférica seguida de una deuteroconcha hemisférica sin ningún tipo de estructura interna. Las primeras cámaras postembrionarios son ya probablemente discoidales. El número de cámaras postembrionarias es de alrededor de 20 por 1 mm.

La pared externa es relativamente gruesa (aproximadamente 40  $\mu$ m). El exoesqueleto está formado por vigas, relativamente gruesas (aproximadamente 20  $\mu$ m) y posición alternante de una cámara a la siguiente. El número de vigas (principales y de segundo orden) para 0,8 mm de diámetro es 17 - 18 y para 0,4 mm es entre 11 - 12. Las vigas principales (las cuales se transforman en tabiques) duplican en longitud a las de segundo orden, que son más numerosas. La zona central está dividida por tabiques, alternantes entre dos pasos de crecimiento sucesivos. Estos tabiques, en los estadios juveniles parece que tengan una forma de estrella y se engrosan hacia la parte central, mientras que en los estadios adultos aparecen más rectilíneos. Los forámenes se comunican de manera oblicua entrecruzada.

**Discusión:** los especímenes estudiados parecen corresponder por sus características a la forma descrita por Chiocchini (1989) del centro de Italia (Fig. 94). Sin embargo, el ángulo apical es ligeramente más cerrado y el número de cámaras por mm es más elevado, por lo que se opta por dejar la especie en nomenclatura abierta.

Género *Neoiraqia* Danilova, 1963

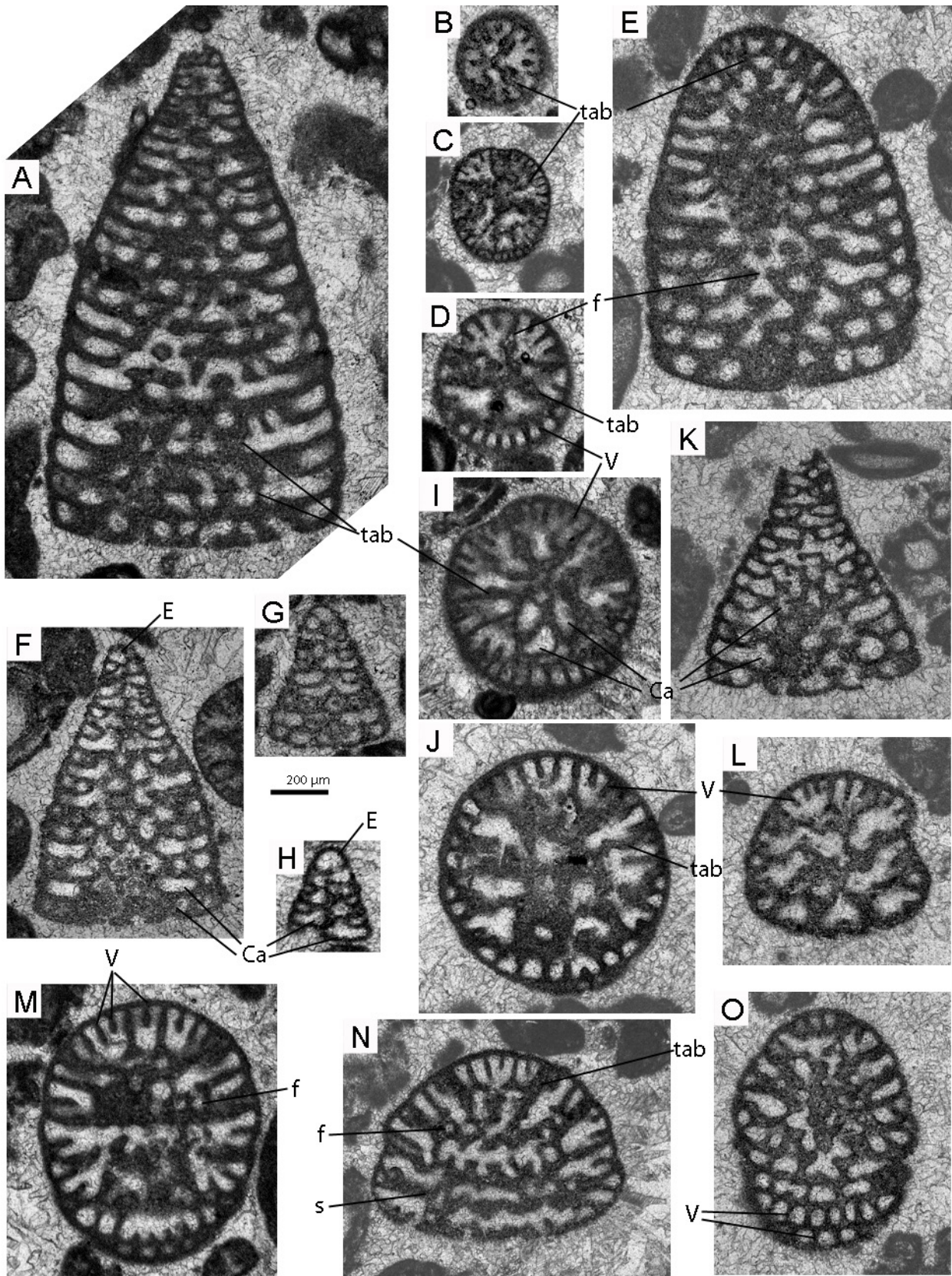
Forma cónica con pared fina (con epidermis). La zona marginal, aunque es muy reducida, está subdividida por elementos exoesqueléticos (vigas y viguecillas, aunque estas últimas no siempre son visibles) alternantes de una cámara a la siguiente. El endoesqueleto está formado por cúpulas que alternan entre dos estadios de crecimiento consecutivos. Los forámenes se disponen de manera oblicua entrecruzada. El aparato embrionario megalosférico es apical y complejo. Para más información véase capítulo IV.

*Neoiraqia insolita*

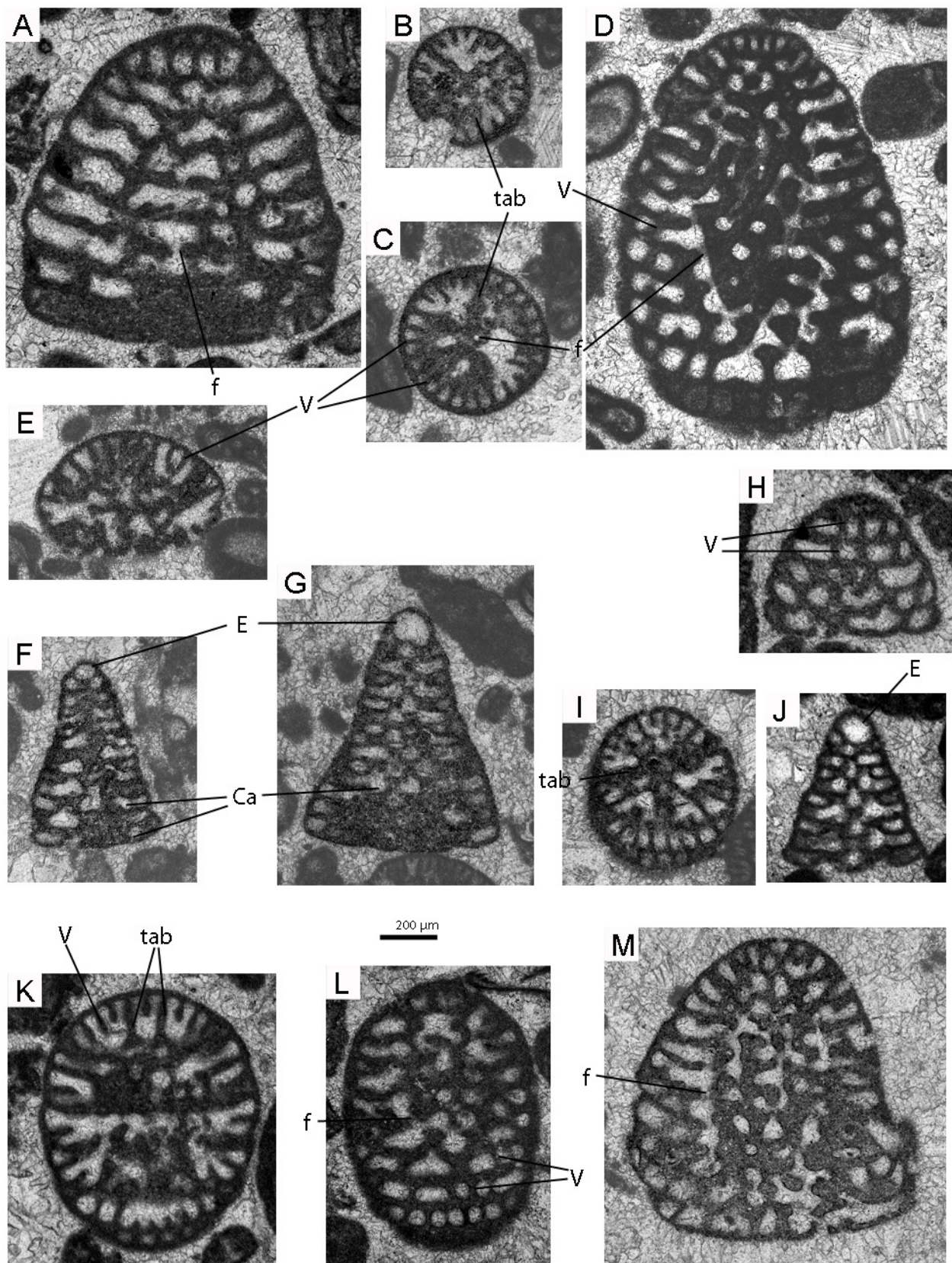
(Decrouez y Moullade, 1974).

(Fig. 95, 96)

**Descripción:** forma cónica de tamaño medio. Los especímenes a nuestra disposición no permiten reconocer los estadios iniciales macroesféricos o microesféricos. Sin embargo la morfología de las secciones axiales relativamente cilindro-cónicas indican probablemente que se trata en su totalidad de formas megaloesféricas. El tamaño de las formas adultas varía de 1,600 mm (para 33 estadios de crecimiento) a aproximadamente 0,6 (para alrededor de 11 estadios de crecimiento). Las formas de menor tamaño se consideran formas juveniles (Fig. 95 F, I, J; Fig. 96 B, I, K). El diámetro para 33 estadios de crecimiento es alrededor de 1 mm mientras que para 11 estadios de crecimiento es aproximadamente



**Figura 92.** *Cribellopsis* aff. *arnaudae*. A, F-H, K: secciones axiales. E: sección subaxial. B-D, I, J: secciones transversas. L-O: secciones oblicuas. Ca: camarilla; E: embrión; f: foramen; s: septo; tab: tabique; V: viga. Todas las fotografías x50.



**Figura 93.** *Cribellopsis* aff. *arnaudae*. A, D, M: secciones subaxiales. B, C, E, I: secciones transversas. F, G, J: secciones axiales. H: sección tangencial. K, L: secciones oblicuas. Ca: camarilla; E: embrión; f: foramen; s: septo; tab: tabique; V: viga. Todas las fotografías x50.

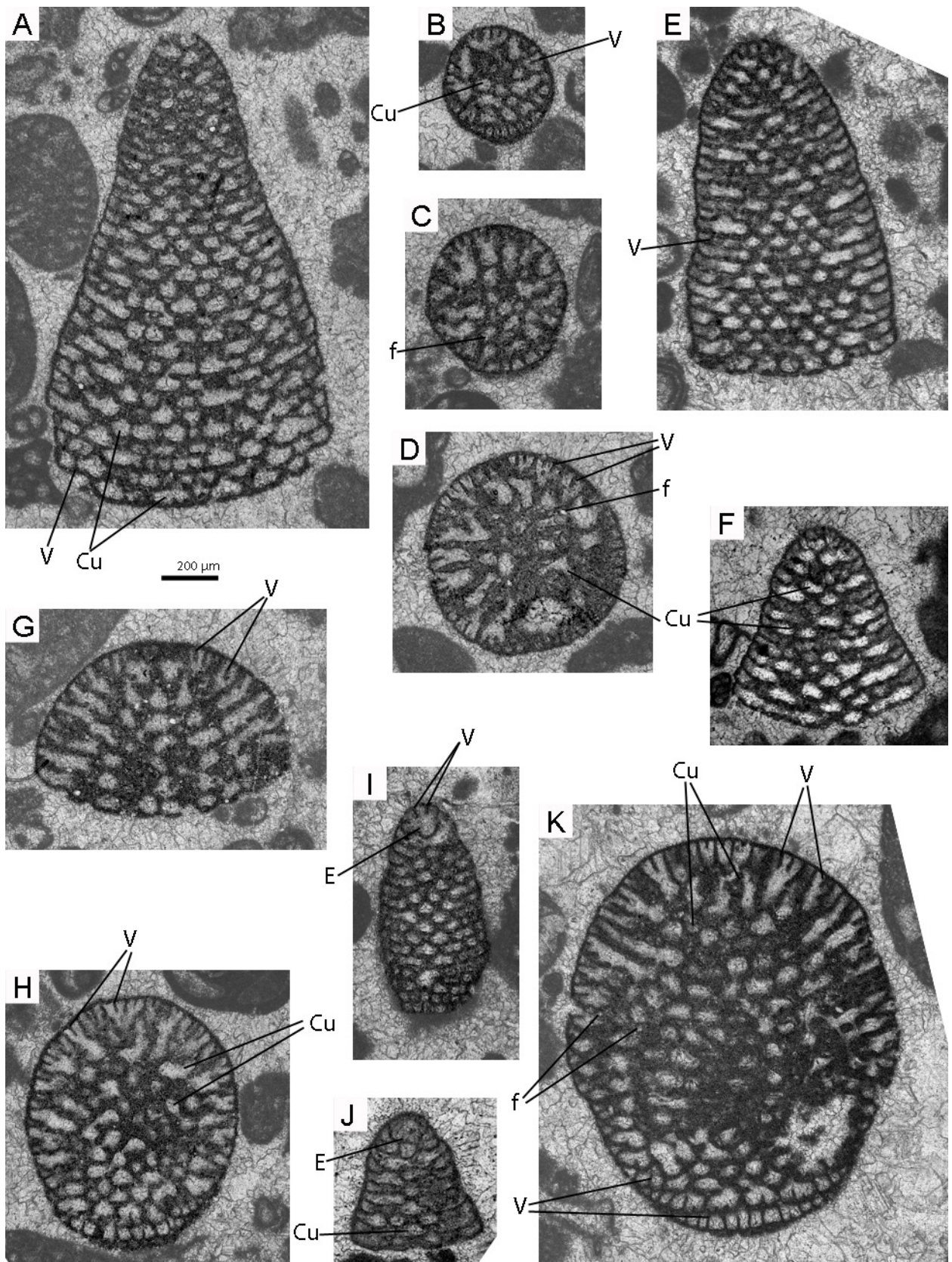
ESPECIES	Ángulo apical ( $\alpha$ )	Altura (mm)	Diámetro máximo (mm)	Altura de una cámara adulta ( $\mu\text{m}$ )	Número de cámaras adultas en 0,5mm	Edad
<i>Cribellopsis neolongata</i> (Cherchi y Schroeder, 1978)	40 - 60°	0,620 - 1,060	0,420 - 1,060	60 - 70	8 - 9	Barremiense superior - Aptiense inferior
<i>Cribellopsis schroederi</i> (Arnaud-Vaneau, 1980)	55 - 70°	1,025 - 1,875	1,100 - 1,875	90 - 100	6 aprox.	Barremiense superior - Aptiense inferior
<i>Cribellopsis thieuloyi</i> (Arnaud-Vaneau, 1980)	20 - 28°	1,100 - 2,300	0,520 - 1,030	100 - 110	8 - 9	Hauteriviense superior - Barremiense inferior
<i>Cribellopsis elongata</i> (Dieni, Massari y Moullade, 1963)	20 - 30°	0,560 - 0,960	0,390 - 0,560	60 - 70	9 aprox.	Hauteriviense superior - Barremiense inferior
<i>Cribellopsis arnaudae</i> (Chiocchini, 1989)	55 - 65°	0,775 - 1,290	0,685 - 1,275	65 - 85	7	Albiense inferior
<i>Cribellopsis</i> aff. <i>arnaudae</i>	42 - 50°	$\pm$ 1,000 (para 15 estadios de crecimiento)	$\pm$ 0,600 (para 15 estadios de crecimiento)	40 - 60	10 aprox.	Albiense medio - superior

**Figura 94.** Comparación entre las especies de *Cribellopsis* descritas y edad. Los datos proceden de Chiocchini (1989).

0,660 mm. La relación D/L es aproximadamente 1,1/2). El número de cámaras por 0,5 milímetros es alrededor de 12. La cara apertural es plana o ligeramente convexa. El embrión macroesférico está en posición apical y es complejo; presenta una protoconcha esférica y una deuterconcha también globular que abraza la protoconcha. La deuterconcha presenta exoesqueleto (las secciones a nuestra disposición permiten observar un número de vigas no superior a cinco). Las cámaras que siguen a continuación son probablemente discoidales y no subdivididas (según Schroeder en Schroeder y Neumann, 1985, zona periembrionaria). Las cámaras postembriona-

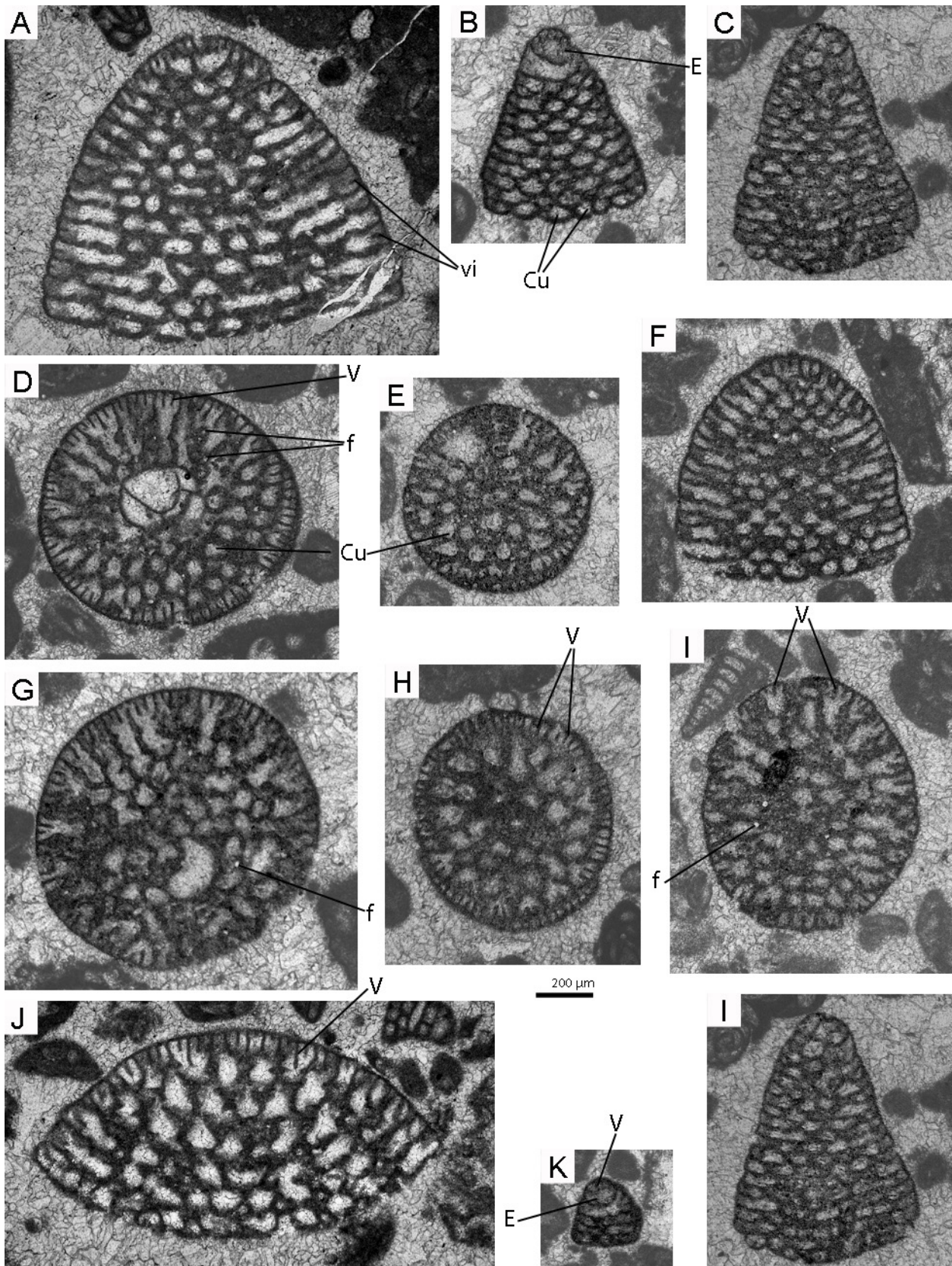
rias reflejan la ondulación y alternancia típicas de un endoesqueleto en cúpulas. En la zona marginal, existe un exoesqueleto reticular subepidérmico poco desarrollado (vigas e incipientes viguecillas).

**Discusión:** la comparación entre las medidas de los especímenes italianos estudiados en esta tesis y las especies de *Neoiragia* descritas con anterioridad (*N. convexa* Danilova, 1963 y *N. insolita* Decrouez y Moullade, 1974; véanse las figuras y la descripción en Schroeder y Neumann, 1985) muestran una estrecha relación entre las formas estudiadas y *N. insolita* (especie descrita del Albiense superior de Grecia).



**Figura 95.** *Neiraqia insolita*. A, I, J: secciones axiales. E, F: secciones subaxiales. B, D: secciones transversas. C: sección transversa ligeramente oblicua. G: sección tangencial. H, K: sección oblicua. Cu: cúpula; E: embrión; f: foramen; V: viga. Todas las fotografías x50.





**Figura 96.** *Neoiragia insolita*. A, F: secciones subaxiales. B, C, K, I: secciones axiales o próximas a la sección axial. D, E, G, H: secciones transversas o ligeramente transversas. I: sección oblicua. J: sección tangencial. Cu: cúpula; E: embrión; f: foramen; V: viga; vi: vigucilla. Todas las fotografías x50.

Hay que remarcar que la estructura de la especie *Neoiraqia cuvillieri* descrita por Moullade et al. (1972) corresponde a una *Conicorbitolina*.

### 6.2.3. Edad del intervalo con orbitolínidos

La presencia conjunta de *Cribellopsis* aff. *arnaudae* y *Neoiraqia insolita* indica, según Chiocchini et al. (2008), una correspondencia con la parte media de la biozona "Ostracoda e Miliolidae", cuya edad es al Albiense superior, no obstante en estudios futuros se deberá calibrar la edad de los orbitolínidos por medio de métodos quimioestratigráficos, ya que el Albiense medio no puede ser excluido.

## 6.3. CRETÁCICO SUPERIOR

### 6.3.1. Estratigrafía y facies

Para el estudio del Cretácico superior se ha escogido la sección del Monte Lepini, cuya sedimentología, estratigrafía y bioestratigrafía fue estudiada anteriormente por Angelucci y Devoto (1966), Carbone y Catenacci (1978), Chiocchini y Mancinelli (2001), Brandano y Loche (2014), entre otros. Esta sección corresponde a la parte inferior y media de la sección de Rava Santa Maria de Chiocchini y Mancinelli (2001), que fue atribuida a la Formación Calizas con Radiolítidos (Di Stefano et al., 2011) y a las biozonas de *Accordiella conica* Farinacci y *Rotalispira scarsellai* (Torre) biozone (Chiocchini et al. 2008; 2012) definida por la primera aparición de ambas y su desaparición en el límite superior (Fig. 97). Estas dos especies (en algunos lugares no se aprecian juntas) están asociadas a la presencia de *Monchardontia apenninica* De Castro, *Num-*

*molocolina* cf. *irregularis* (d'Orbigny), *Nezzazatinella* cf. *aegyptiaca* (Said y Kenawy), *Nezzazatinella picardi* (Henson), *Aeolisaccus barattoloi* De Castro, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri), *Discorbis* sp., *Murgeina apula* (Luperto Sinni), *Pseudocyclammia*, *Reticulinella fleuryi* Cvetko, Gusic and Schroeder, *Scandonea samnítica* De Castro, Rotaliidae. Hacia el techo de la biozona hay un biohorizonte con *Keramosphaerina tergestina* Stache (Chiocchini et al., 2008). Esta biozona se ha definido como una facies retromarginal ya que hay presencia de *Hippuritacea*.

La edad atribuida por Chiochini et al., (2012), a esta biozona es Coniaciense superior-Campaniense inferior. No obstante, Frijia et al., (2015) basándose en los isótopos del estroncio atribuyeron una edad Campaniense inferior para los niveles que contienen *Keramosphaerina tergestina*, por lo que, al menos los niveles que contienen esta especie en la sección estudiada pueden ser atribuidos al Campaniense inferior.

La sección está constituida principalmente por calizas con intercalaciones de niveles dolomíticos, y caracterizadas por estructuras de desecación, entre las que destacan las de tipo "bird eyes" (Fig. 98). En algunas muestras destaca la presencia de *Thaumatoporella*, probablemente *Decastronema kotori* (Radoičić) y la esponja *Sarmentofascis zamparelliae* Schlagintweit, Frijia y Parente, mientras en otras predominan los foraminíferos y los rudistas. Entre los foraminíferos bentónicos los más comunes son *Accordiella conica* (Farinacci), *Dicyclina schlumbergeri* (Munier-Chalmas), *Lepinoconus chiocchini* Cruz-Abad et al., *Keramosphaerina tergestina*, *Monchardontia apenninica*, *Scandonea mediterranea*, *Murgella lata*

**Figura 97.** Biozonas y subzonas de la Plataforma Apenínica. Datos según Chiocchini et al. (2008); Frijia et al. (2015) y Cruz-Abad et al. (2017b).

Age (Ma)	Stages	Biozones
	Maastrichtian	Discorbidae and miliolidae
		<i>Orbitoides media</i>
	Campanian	Discorbidae and Ostracoda
80.5 ←		<i>Calveziconus cf. lecalvezae</i>
81.1 ←		<i>Lepinoconus chiocchini</i> n. sp.
	Santonian	<i>Accordiella conica</i> and <i>Rotalispira scarsellai</i>
		<i>Scandonea mediterranea</i>
87.6 ←	Coniacian	
88.5 ←		
	Turonian	<i>Nezzazatinella cf. aegyptiaca</i> and <i>Nummoloculina cf. irregularis</i>

Luperto Sinni, *Praemurgella valenciana* Luperto Sinni et al.), *Rotalispira scarsellai*, *R. maxima* Consorti, Frijia y Caus; identificado como *Calcarinella schaubi* Hottinger (en Chiocchini et al., 2012) y "*Stensionina*" *surrentina* (Torre).

En esta sección se ha identificado un orbitolinoideo nuevo: *Lepinoconus chiocchini*. La descripción del nuevo género se ha basado en 16 láminas delgadas, obtenidos de la muestra 057 (Fig. 98). El nuevo género ha sido publicado en la Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 123/2, 347-354. El material se ha depositado en la colección de la Universitat Autònoma de Barcelona (PUAB) n. 82524LP0-16.

### 6.3.2. Descripción

Phylum Foraminifera Pawlowski et al., 2013  
Clase Globobulimina Pawlowski et al., 2013  
Order Textulariina Delage & Hérouard, 1896  
Suborden Orbitolina Kaminski, 2004  
Superfamilia Orbitolinoidea Martin, 1890  
Familia Coskinolinidae Martin, 1890

#### Género *Lepinoconus*

Cruz-Abad, Consorti y Caus, 2017

Se trata de un nuevo foraminífero cónico, relativamente alto y de base plana o ligeramente convexa. La pared es pseudo-kerioteal ("poros transversales" en Douglas, 1960; Fig. 21 en esta tesis). La zona marginal presenta vigas que individuali-

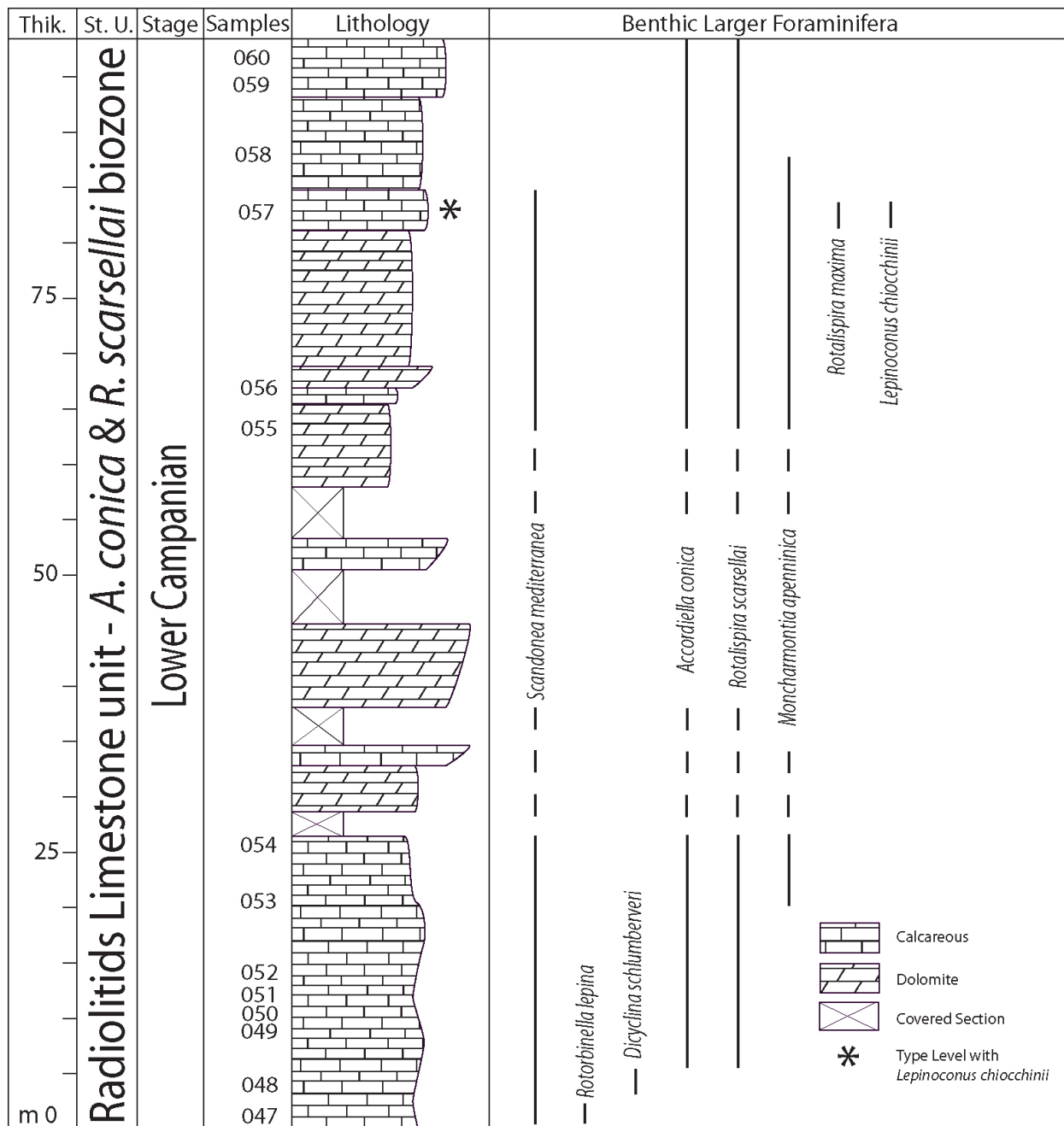


Figura 98. Sección estratigráfica y distribución de los foraminíferos bentónicos más representativos de la sección estudiada. Extraído de Cruz-Abad et al. (2017b).

zan grandes alcobas. En los primeros estadios de crecimiento las cámaras forman probablemente una espiral poco desarrollada, mientras las cámaras adultas siguen un crecimiento uniseriado. Las aberturas en forma de criba se sitúan en el centro de la cara apertural, y alternan con un endoesqueleto formado por pilares.

Este nuevo foraminífero del Campaniense de los Apeninos centrales comparte con el género Paleógeno Americano *Coskinolina* (*Coleiconus*) *elongate* Cole (para más detalle véase Hottinger y Drobne 1980, p. 233-234, text-fig. 11; pl. 13, fig. 7-14) la presencia de una pared pseudo-keriotecal y la presencia de vigas, aunque estas últimas, a diferen-

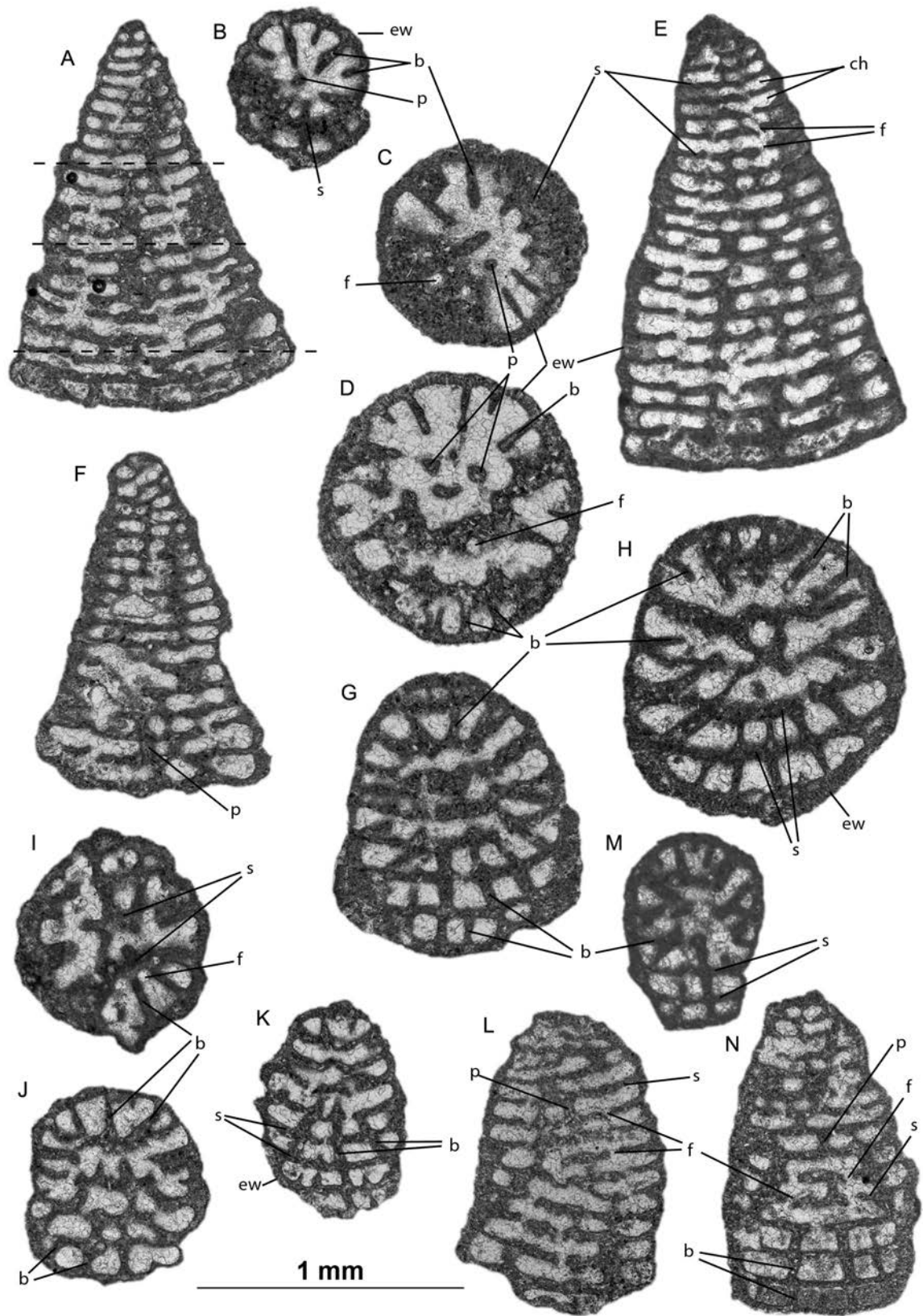
cia de en *Lepinoconus*, son muy poco desarrollada. Otras diferencias son la presencia en *Coleiconus* de aberturas marginales y pilares alternantes. Los representantes europeos de *Coskinolina* (especie tipo: *C. (Coskinolina) liburnica*; para más detalle véase Hottinger y Drobne 1980), además de poseer aberturas marginales carecen de elementos exoesqueléticos. Los géneros del Cretácico inferior *Paracoskinolina* Moullade y *Coskinolinoides* Keijer tienen un exoesqueleto similar a *Lepinoconus* (vigas) pero no presentan la misma textura de pared. El género *Calveziconus* Caus y Cornella (especie tipo: *C. lecalvezae*) tiene una edad equivalente a *Lepinoconus* y presenta una exoesqueleto similar pero el endoesqueleto es diferente ya que está formado por tabiques y tampoco tiene pared pseudo-keriotecal.

Especie *Lepinoconus chiocchinii*  
Cruz-Abad, Consorti y Caus, 2017  
(Figs. 99, 100)

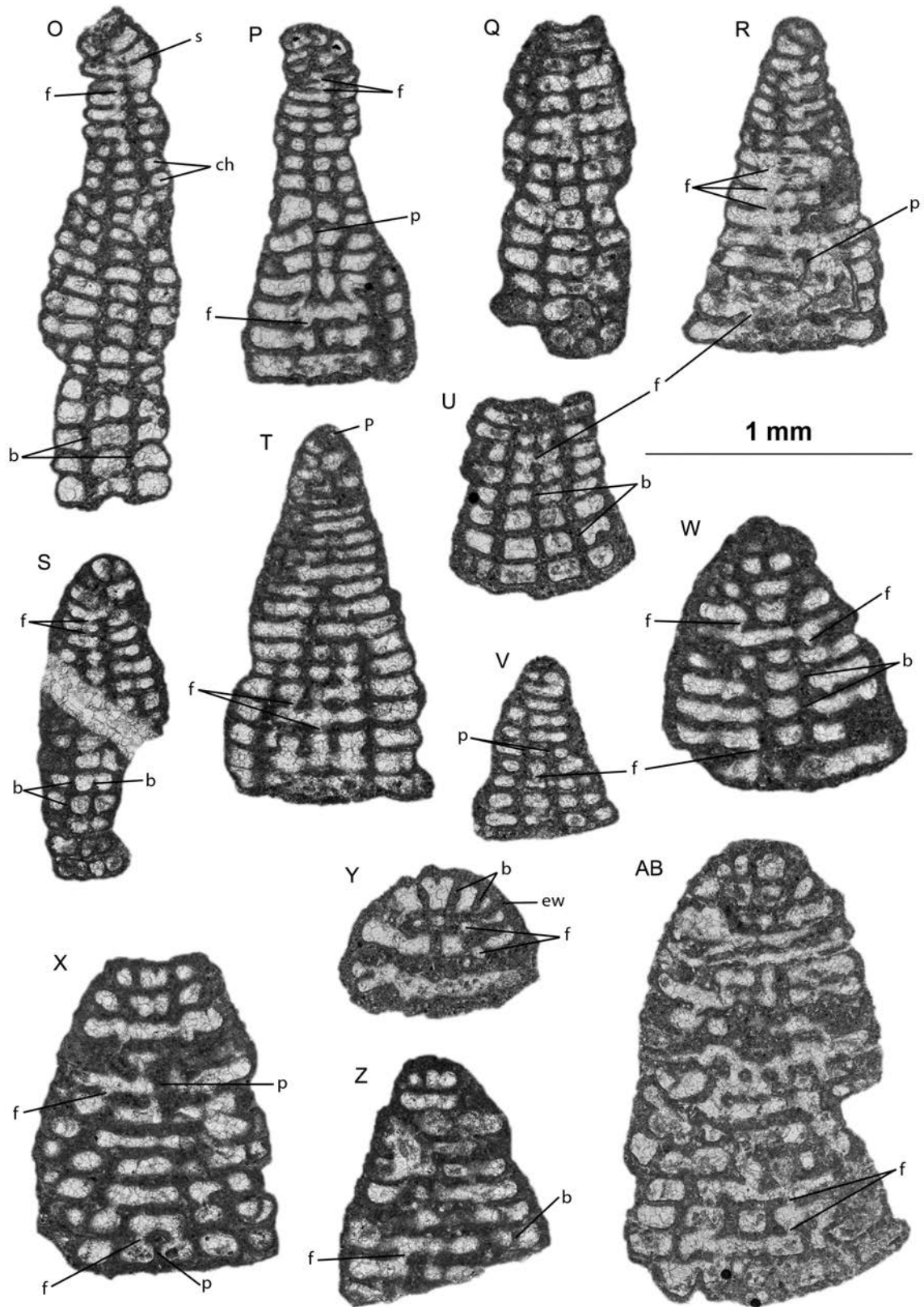
Forma cónica de tamaño medio (altura máxima 2 mm; diámetro máximo 1 milímetro;  $D/L=1/2$ ) con una cara apertural plana o ligeramente convexa. Los primeros estadios de crecimiento son difíciles de reconocer aunque, probablemente esté formado por un prolóculo simple y las cámaras iniciales dispuestas formando una trocoespira. En estadio adulto las cámaras son uniseriadas. El número de cámaras en 1 mm varía entre 12-13. El exoesqueleto está formado por vigas, situadas a espacios regulares, de dos órdenes diferentes; las vigas de primer orden se extienden en dirección radial hasta la mitad del lumen de la cámara, mientras que las de segundo orden ocupan únicamente 1/3 del lumen de la cámara. En sección transversa, se han contado unas 10 vigas para una cámara de 0,5 mm de diámetro y 18-20 para un diámetro de 1 mm. La parte central del lumen

de las cámaras está ocupada por un endoesqueleto formado por pilares; el número de pilares es 2-3 para un diámetro del cono de 0,5 mm y 5-6 para un diámetro de 1 mm. Las cámaras de los primeros estadios de crecimiento carecen de endoesqueleto. Las cámaras están comunicadas por forámenes grandes y redondeados.

Para más información véase el anexo 2.



**Figura 99.** A: sección axial no centrada. B, D: secciones transversas ligeramente oblicuas cortando diferentes estadios de crecimiento. Se puede ver la zona marginal formada por vigas de dos órdenes y una zona central formada por pilares. E, F, K-N: secciones ligeramente oblicuas. Se puede apreciar la espira inicial de las cámaras. G, H: secciones oblicuas. I, J, M: secciones transversas oblicuas. **b:** viga; **ch:** cámara; **ew:** pared externa; **f:** foramen; **p:** pilar; **s:** septo.



**Figura 100.** O, P: secciones tangenciales paralelas a la superficie del cono. Se pueden observar las vigas alineadas de una cámara a la siguiente. Q, U: sección tangencial fragmentada. R, T: secciones ligeramente oblicuas al eje de crecimiento. S, V-X, Z-AB: secciones tangenciales oblicuas. Y: sección transversal oblicua. b: viga; ch: cámara; ew: pared externa; f: foramen; p: pilar; s: septo.

# Conclusiones

Se definieron dos objetivos principales para la realización de esta tesis: el primero, identificar y resolver los problemas de identificación de los taxones de foraminíferos aglutinados, cónicos y con estructura compleja atribuidos a las superfamilias Orbitolinoidea Martin, 1890, y Coskinolinoidea Moullade, 1865, *sensu* Kaminski (2014); y el segundo, conseguir establecer una clasificación sistemática actualizada, unificada y coherente para estos foraminíferos.

El resultado de este estudio ha permitido contabilizar 33 géneros válidos, cuatro sinonimias y cuatro géneros que no corresponden a esta superfamilia.

La descripción de todos los géneros válidos ha sido actualizada, se ha unificado la terminología y se ha establecido una clave de determinación genérica para su identificación.

En sistemática, se ha aceptado únicamente la Superfamilia Orbitolinoidea, que incluye tres familias: Coskinolinidae (anteriormente en la superfamilia Coskinoloidea); Fallotellidae n. fam. (género tipo: *Fallotella* Mangin 1954) y Orbitolinidae, caracterizadas por una zona marginal libre de elementos estructurales, una zona marginal con alcobas y una zona marginal con cavidades alveolares respectivamente.

Los depósitos de la plataforma carbonatada de edad Albiense de los Apeninos meridionales, presentan *Cribellopsis* aff. *arnaudae* y *Neoiraqia insolita*, y un nuevo género de soritoideo, *Fissumella motolae*. Este último aparece en un nivel estratigráfico que puede ser correlacionado con la biozona de "Dictyoconus" algerianus de Chiocchini (2008) del Albiense inferior, mientras *C* aff. *arnaudae* y *N. insolita* ocurre en un nivel correlacionable con la biozona *Ostracoda* y *Miliolidae*, atribuido al Albiense medio-superior.

En la plataforma carbonatada del Cretácico superior de Monte Lepini se ha identificado un nuevo género de orbitolinoideo, *Lepinoconus chiocchini*, que caracteriza el Campaniense inferior.





# Conclusions

At the beginning of this thesis, the two main objectives were 1st) identify and solve the identification problems of the agglutinated, conical and complex foraminifera from superfamilies Orbitolinoidea Martin, 1890, and Coskinolinoidea Moullade, 1865, *sensu* Kaminski (2014); and 2<sup>nd</sup>) the establishment of an updated, unified and coherent systematic classification for these foraminifera.

The study has resulted in the establishment of 33 valid genera, the detection of synonyms in four genera, and other four genera have been removed from the Superfamily Orbitolinoidea.

The descriptions of all the valid genera have been updated, and the terminology used for this description has been unified. A key for the generic determination of these foraminifera has also been created.

The Superfamily Orbitolinoidea is the only superfamily accepted, which includes three families: Coskinolinidae (previously within superfamily Coskinolinoidea); Fallotellidae n. fam. (type-genus: *Fallotella* Mangin 1954) and Orbitolinidae, which are characterised by a marginal zone without structural elements, a marginal zone with alcones and a marginal zone with alveolar cavities respectively.

*Cribellopsis* aff. *arnaudae* and *Neoiraqia insolita* have been identified in the Albian carbonate platforms from the Meridional Apennines in Italy, and the new soriticean *Fisumella motolae* has been described there. The level that includes *Fisumella* has been correlated with the Lower Albian "*Dictyoconus*" *algerianus* biozone (Chiocchini, 2008), and the level with *C.* aff. *arnaudae* and *N. insolita* has been correlated with the Ostracoda and Miliolidae biozone from the same author, providing a Middle- Upper Albian age to these foraminifera.

In the Upper Cretaceous carbonate platform from Monte Lepini (Central Apennines, Italy) the new genus of orbitolinoidean foraminifera *Lepinoconus chiocchini* has been identified. The new genus characterises the Lower Campanian.



# Bibliografía

- Accordi, B. (1966). La componente traslativa nella tettonica dell'Appennino Laziale-Abruzzese. *Geologica Romana*, 5, 355-406.
- Angelucci, A. y Devoto, G. (1966). Geologia del Monte Caccume (Frosinone). *Geologica Romana*, 5, 177-196.
- Archiac, E.J.A. d'. (1837). Mémoire sur la formation crétacé du sud-ouest de la France. *Mémoire de la Société géologique de France*, 2 (7), 157-193.
- Argenio, B. d'. (1970). Central and Southern Italy Cretaceous bauxites, stratigraphy and paleogeography. *Annual institute geological Publish Hungry*, 53 (2), 221-233.
- Argenio, B. d'. y Alvarez, W. (1980). Stratigraphic evidence for crustal thickness changes on the soQtheycl Tethyan margin during the Alpine cycle. *Geological Society of America Bulletin*, 91 (2), 2558-2587.
- Argenio, B. d', Pescatore, T. y Scandone, P. (1975). Structural pattern of the Campania-Lucania Apennines. *Quaderni de "La ricerca scientifica": Consiglio Nazionale della Ricerche*, 90, 312-327.
- Arnaud-Vanneau, A. (1980). *Micropaléontologie, paléoécologie et sédimentologie d'une plateforme carbonatée de la marge passive de la Téthys: L'Urgonien du Vercors septentrional et de la Chartreuse (Alpes occidentales)*. Société Nationale Elf- Aquitaine. 874p.
- Arnaud-Vanneau, A. y Argot, M. (1973). Un nouveau gener d'*Orbitolinidae* dans dels calcaries Urgoniens du Vercors: *Flasurgonina pileola*, nov. gen., nov. sp. *Geobios*, 6 (3), 225-234.
- Baumgartner, P.O. (1985). *Jurassic sedimentary evolution and nappe emplacement in the Argolis peninsula (Peloponnesus, Greece)*. Birkhäuser Basel. 111p.
- Bernaus, J.M. (1999). *Estudio micropaleontológico del intervalo Barremiense-Aptiense inferior de la Cuenca de Organyà (Pirineos)*. (Tesis Doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona. Publicación inédita, 248p.
- Bernoulli, D. (2001). Mesozoic-Tertiary carbonate platforms, slopes and basins of the external Apennines and Sicily. En: Vai, G.B. & Martini, I.P. (Eds.): *Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean Basins*. Springer, Dordrecht.
- Bignot, G. (1973). Précisions sur *Coskinolina liburnica* stache. *Révue de Micropaléontologie*, 15 (4), 195-206.
- Bilotte, M. (1974). A l' étude du Sénonien sud-Pyrénéen. 1. Stratigraphie du Massif de Rasos de Peguera. *Abrardia catalaunica* n. sp. *Orbitolinidae* nouveau du Campanien et du Maestrichtian. *Bulletin de la Société d' Histoire Naturelle de Toulouse*, 110, 300-307.
- Bilotte, M., Canerot, J., Moullade, M. y Peybernès, B. (1973). Description et position stratigraphique d'un Nouvel *Orbitolinid*é de l'Albo-Cénomanién ibérique et pyrénéen *Paracoskinolina casterasi* n. sp. *Archives des Sciences*, Genève, 26, 183-185.

- Blanckenhorn, M. (1900). Neues zur Geologie und Paläontologie Aegyptens. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 52, 403-479.
- Bonardi, G., D'Argenio, B. y Perrone, V. (1988). Carta Geologica dell'Appennino meridionale. SELCA, Firenze.
- Bosellini, A. (2004). The western passive margin of Adria and its carbonate platforms. En: Crescenti, V., D'Offizi, S., Merlino, S. y Sacchi, L. (Eds.): *Geology of Italy*, Special Volume of the Italian Geological Society for the IGC 32 Florence-2004. Italian Geological Society, Rome, p. 79-92.
- Brandano, M. y Loche, M. (2014). The Coniacian–Campanian Latium–Abruzzi carbonate platform, an example of a facies mosaic. *Facies*, 60, 489-500.
- Butterlin, J. y Moullade, M. (1968). Les Orbitolinidae de l'Éocène de la région des Caraïbes. *Archives des Sciences*, Genève, 21, 5-20.
- Butler, W.H., Mazzoli, S. y Corrado, S. (2004). Applying thickskinned tectonic models to the Apennine thrust belt of Italy; limitations and implications. In: McClay K.R. et al. (eds.) *Thrust Tectonics and Hydrocarbon Systems*. *American Association of Petroleum Geologists, Memoir 82*, 647-667.
- Canerot, J. y Moullade, M. (1971). Le Valanginien a faciès marin dans le Maestrazgo (Provinces de Castellon, Tarragona, Teruel-Espagne), Étude particulière des Orbitolinidae *Valdanchella* n. gen., *Paracoskinolina pfenderae* n. sp. *Archives des Sciences Genève*, 24, 207-219.
- Carannante, G., Graziano, R., Ruberti, D. y Simone, L. (1997). Upper Cretaceous temperate-type open shelves from northern (Sardinia) and southern (Apennines-Apulia) Mesozoic Tethyan margins. In: James NP, Clarke JAD (eds) *Cool-water carbonates*. Society for Sedimentary Geology (SEPM), Special publication, 56, 309–325.
- Carbone, F. y Catenacci, V. (1978). Facies analysis and relationships in Upper Cretaceous carbonate beach sequences (Lepini Mts., Latium). *Geologica Romana*, 17, 191-231.
- Carsey, D.O. (1926). Foraminifera of the Cretaceous of Central Texas. *University of Texas Bureau of Economic Geology and Technology Bulletin*, 2612, 1-56.
- Caus, E. y Cornella, A. (1981). *Calveziconus lecalvezae* n. gen. n. sp., Orbitolinidae Campanien de la bordure méridionale des Pyrénées. *Chaiers de Micropaléontologie*, 4, 27-34.
- Centamore, E., Di Manna, P. y Rossi D. (2007). Kinematic evolution of the Volsci Range: a new overview. *Bolletino della Societa Geologica Italiana.*, 126, 159-172.
- Chapman, F. (1900). On some new and interesting foraminifera from the Funafuti Atoll, Ellice Islands. *Journal of the Linnaean Society of London- Zoology*, 28, 1-27.
- Cherchi, A. y Schroeder, R. (1975). Selce a microfossili nella "Barre Turonienne" della Tunisia meridionale ed osservazioni sull'età di questa formazione. *Bolletino della Societa Geologica Italiana*, 94, 979-992.
- Cherchi, A. y Schroeder, R. (1976). *Dictyorbitolina ichnusae* n. gen., n. sp. (Foram.) del Barremiano della Sardegna nord-occidentale. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 14, 47-54.
- Cherchi, A. y Schroeder, R. (1978). Osservazione sul gen. *Orbitolinopsis* Silvestri (Foraminiferida) e sua presenza nel Barremiano della Sardegna. *Bollettino della Società Sarda di Scienze Naturali*, 17, 159-167.
- Cherchi, A. y Schroeder, R. (1980). *Palorbitolinoidea hedini* n. gen. n. sp., grand foraminifère du Crétacé du Tibet meridional. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 291 (D), 385-388.

- Cherchi, A. y Schroeder, R. (1982). Sobre la edad de la transgresión Mesocretácica en Asturias. *Cuadernos de Geología Iberica*, 8, 219-233.
- Cherchi, A. y Schroeder, R. (1999). Late Barremian orbitolinid Foraminifera from northern Somalia. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 38 (1), 3-13.
- Chiocchini, M. (1989). *Cribellopsis arnaudae* n. sp. (Foraminiferida, Orbitolinidae) nel Cretaceo inferiore del Lazio meridionale e dell'Abruzzo (Italia centrale). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 28 (1), 39-48.
- Chiocchini, M. y Mancinelli, A. (2001). *Sivasella monolateralis* Sirel and Gunduz, 1978 (Foraminiferida) in the Maastrichtian of Latium (Italy). *Revue de Micropaléontologie*, 44, 267-277.
- Chiocchini, M., Chiocchini, R. A., Didaskalou, P., y Potetti, M. (2008). Ricerche micropaleontologiche e biostratigrafiche sul Mesozoico della piattaforma laziale-abruzzese (Italia centrale). *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, ISPRA*, LXXXIV, 5-170.
- Ciry, R. y Rat, P. (1953). Description d'un nouveau genre de foraminifère *Simplorbitolina manasi* nov. gen. nov. sp. *Bulletin Scientifique de Bourgogne*, 14, 85-100.
- Cole, W.S. (1942). *Stratigraphic and paleontologic studies of wells in Florida*. Florida State Geological Survey, 20 (2), 89p.
- Cole, W.S. (1956). Jamaican larger foraminifera. *Bulletins of American Paleontology* 36, 203-234.
- Cosentino, D., Cipollari, P., Marsili, P. y Scrocca, D. (2010). Geology of the central Apennines: a regional review, in Beltrando M. Peccerillo A. Mattei M. Conticelli S. Doglioni C., eds., *The Geology of Italy: Tectonics and Life along Plate Margins. Journal of the Virtual Explorer*, 36.
- Cruz-Abad, E., Consorti, L., Di Lucia, M., Parente, M. y Caus, E. (2017a). *Fisumella motolae* n. gen. n. sp., a new soritoidean (Foraminifera) from the lowermost Albian carbonate platform facies of central and Southern Italy. *Cretaceous Research*, 78, 1-7.
- Cruz-Abad, E., Consorti, L. y Caus, E. (2017b). *Lepinoconus chiocchini* gen. n. sp. n., a conical agglutinated foraminifera from the upper cretaceous of Italy. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 123 (2), 347-354.
- Cushman, J. A. (1919). Fossil Foraminifera from the West Indies. T.W. Vaughan, ed., *Contributions to the Geology and Paleontology of the West Indies*. Washington, D.C.: Publications of the Carnegie Institution of Washington, 291, 21-71.
- Danilova, A. (1963). *Neoiraqia convexa*-a new foraminifer from the Cenomanian-Turonian of Kosovo Polje. *Vesnik Zavoda za Geološka i Geofizička Istrazivanja*, 20, 223-226.
- Davies, L. M. (1930). The genus *Dictyoconus* and its allies: review of the group, together with a description of three new species from the Lower Eocene beds of northern Baluchistan. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 56 (20), 485-505.
- Davies, L.M. (1939). An early *Dictyoconus*, and the genus *Orbitolina*: their contemporaneity, structural distinction, and respective natural allies. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 59 (3), 773-790.
- De Castro, P. (1964). Su di nuovo foraminifero del Cretacico inferiore dell'Appennino meridionale. *Bollettino della Società dei Naturalisti in Napoli*, 73, 55-61.
- Decrouez, D. y Moullade, M. (1974). Orbitolinidés nouveaux de l'Albo-Cénomanién de Grèce. *Archives des Sciences*, 27, 75-92.
- Delage, Y. y Hérouard, E (1896). *Traité de Zoologie Concrète*. Vol. 1, La Cellule et les Protozoaires. Schleicher Frères.

- Dieni, I., Massari, F. y Moullade, M. (1963). Sur quelques Orbitolinidae des calcaires à faciès «urgonien du Crétacé inférieur des environs d'Orosei (Sardaigne). *Bolletino della Societa Paleontologia d'Italiana*, 2, 3-8.
- Di Luccia, M., Trecalli, A., Mutti, M. y Parente, M. (2012). Bio-chemostratigraphy of the Barremian-Aptian shallow-water carbonates of the Southern Apennines (Italy): pinpointing the OEA1a in a Tethyan carbonate platform. *Soil Earth*, 3, 1-28.
- Di Stefano, R., Chiarabba, C., Chiaraluce, L., Cocco, M., De Gori, P., Piccinini, D. y Valoroso, L. (2011). Fault zone properties affecting the rupture evolution of the 2009 (Mw6.1) L'Aquila earthquake (central Italy): Insights from seismic tomography. *Geophysical Research Letters*, 38, L10310, 1-5.
- Douglass, R.C. (1960). Revision of the family Orbitolinidae. *Micropaleontology*, 6 (3), 249-270.
- Douvillé H. (1906). Évolution et enchaînement des foraminifères. *Bulletin de la Société Géologique de France*, sér. 4, 588-602.
- Douvillé, H. (1910). Etudes sur les Rudistes, Rudistes de sicile, d'Algerie, d'Egypte, du Liban et de la Perse. *Mémoires de la Société Géologique de France*, 41, 1-83.
- Douvillé, H. (1912). Les Orbitolines et leurs enchaînements. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 155, 567-571.
- Dunham, R.J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture: Classification of Carbonate Rocks. *American Association of Petroleum Geologists*, 1, 108-121.
- Folk, R.L. (1959) Practical petrographic classification of limestones. *Bull. AAPG*, 43, 1-38
- Folk, R.L. (1959) Practical petrographic classification of limestones. *Bull. AAPG*, 43, 1-38
- Fleury, J. J. (1980). Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grèce Continentale et Péloponnèse du Nord). Evolution d'une plateforme et une bassin dans le cadre alpin. *Societe Geologique du Nord*, 4, 1-651.
- Folk, R.L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *American Association of Petroleum Geologists*, 43, 1-38.
- Foury, G. (1963). Deux nouvelles espèces d'Orbitolinidae du faciès Urgonien des Alpilles (Bouches du Rhône). *Revue de Micropaléontologie*, 6 (1), 3-12.
- Foury, G. (1968). Le Crétacé inférieur des Alpilles. Contribution à l'étude stratigraphique et micropaléontologique. *Géobios*, 1, 11-164.
- Foury, G. y Moullade, M. (1966). *Orbitolinidae* nouveaux du Barrémien (Faciès urgonien) des Alpilles (Bouches du Rhône). *Revue de Micropaléontologie*, 8 (4), 249-257.
- Frijia, G., Di Lucia, M., Vicedo, V., Günter, C., Ziemann, M.A. y Mutti, M. (2012). An extraordinary single-celled architect: A multi-technique study of the agglutinated shell of the larger foraminifer Mesorbitolina from the Lower Cretaceous of southern Italy. *Marine Micropaleontology*, 90-91, 60-71.
- Frijia, G., Parente, M., Di Lucia, M. y Mutti, M. (2015). Carbon and strontium isotope stratigraphy of the Upper Cretaceous (Cenomanian-Campanian) shallow-water carbonates of southern Italy: Chronostratigraphic calibration of larger foraminifera biostratigraphy. *Cretaceous Research*, 53, 110-139.
- Henson, F.R.S. (1948). *Larger imperforate Foraminifera of south-western Asia. Families Lituolidae, Orbitolinidae and Meandropsinidae*. Monograph British Museum (Natural History), 127 p.
- Hofker, J. (1955). The Foraminifera of the Vincentown formation. *Reports from McLean Foraminiferal Laboratory*, 2, 1-21.

- Hofker, J. Jr. (1963). Studies on the genus *Orbitolina* (Foraminiferida). *Leidse Geologische Mededelingen*, 29 (1), 181-253.
- Hofker, J. Jr. (1965). Some foraminifera from the Aptian-Albian passage of northern Spain. *Geologische Mededelingen*, 33, 183-189.
- Hofker, J. Jr. (1966a). Studies on the Family *Orbitolinidae*. *Paleontographica*, 126, 1-34.
- Hofker, J. Jr. (1966b). Note on *Orbitolinopsis kiliani* (Prever). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 52 (2), 897-902.
- Hottinger, L. (1967). *Foraminifères imperforés du Mésozoïque marocain*. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc,, Vol. 209, 168 p.
- Hottinger, L. (1978). Comparative anatomy of elementary shell structures in selected large foraminifera. *Foraminifera*, 3, 203-266.
- Hottinger, L. (2006). Illustrated glossary of terms used in foraminiferal research. *Carnets de Géologie- Memoire 2006/02*, 126p.
- Hottinger, L. y Drobne, K. (1980). Early Tertiary conical imperforate foraminifera. *Razprave Slovenska Akademija Znanosti in umetnosti (SAZU)*, 22 (3), 188-276.
- Kaminski, M. A. (2014). The year 2010 classification of the agglutinated foraminifera. *Micropaleontology*, 60 (1), 89–108.
- Kaminski, M. A. y Mikhalevich, V.(2004). Revised Systematics of the Schlumbergerinida (Phylum Foraminifera). En: Kaminski, M.A. & Coccioni, R., (eds), 2008. *Proceedings of the Seventh International Workshop on Agglutinated Foraminifera*. Grzybowski Foundation Special Publication, 13, 157-166.
- Keijzer, F.G. (1942). On a new genus of arenaceous foraminifera from Cretaceous of Texas. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, 45 (10), 1016-1017.
- Lamarck, J.B.P.A. (1801). Histoire Naturelle des Animaux sans vertebres. In: Deshayes, G.P. y Miline E.H. *Histoire Naturelle des Animaux sane vertebres*. Volume 2, 527-556.
- Lankester, E. R., 1885. Protozoa. En: *Encyclopaedia Britannica*, 19 ed., 830 – 866.
- Linné, K. (1735) *Systema naturæ, sive regna tria naturæ systematice proposita per classes, ordines, genera, & species*. Lugduni Batavorum, 12p.
- Loeblich, A.R.Jr., y Tappan, H. (1964). Sarcodina, chiefly 'Thecamoebians' and Foraminiferida. In *Treatise on Invertebrate Paleontology, Protista 2, part C* (ed. Moore, R. C.). *Geological Society of America and University of Kansas Press*, 900p.
- Loeblich, A.R., Jr. y Tappan, H. (1987). Foraminiferal genera and their classification. *Van Nostrand Reinhold*, New York, 970 p.
- Loeblich, A.R. Jr. Y Tappan, H. (1992). Present status of Foraminiferal Classification. In: Takayanagi, Y. y Saito, T (eds), *Studies in Benthic Foraminifera*. Tokai University Press, 93-102.
- Loeblich, A.R.Jr. y Tappan, H. (1994). Foraminifera of the Sahul shelf and Timor. *Cushman Foundation Foraminiferal Research, Special Publication*, 31, 1-638.
- Mangin, J.Ph. (1954). Description d'un nouveau genre de foraminifère: *Fallotella alavensis*. *Bulletin Scientifique Bourgogne*, 14, 209-219.
- Marie, P. (1955). Quelques genres nouveaux de foraminiferes du Crétace a facies recifal. In: *Comptes Rendus, Proceedings of the 19th Congress Géologique International Alger*, 13 (15), 117–124.
- Martin, K. (1890). Untersuchungen über den Bau von *Orbitolina* (*Patellina* auct) von Borneo: Leiden. *Sammlungen des Geologischen Reichs-Museums*, 1 (4), 209-231.
- Mas, J.R. (1981). El Cretácico inferior de la región noroccidental de la provincia de Valencia. *Seminarios Estratigrafía*. Serie monográfica 8, 408p.



- Maync, W. (1955). *Coskinolina sunnilandensis*, n.sp., a Lower Cretaceous (Urgo-Albian) species. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 6, 105-111.
- Mostardini, F. y Merlini, S. (1986). Appennino centro-meridionale: Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale. AGIP, 73 Congresso della Società Geologica Italiana (Roma).
- Moullade, M. (1960). Les Orbitolinidae des microfâcies barrémiens de la Drôme. *Revue de Micropaléontologie*, 3 (3), 188-198.
- Moullade, M. (1965). Hebdomadaires des Séances, Académie contribution au probleme de la classification des orbitolinidae (Foraminiferida, Lituolacea). *Comptes Rendus des Sciences*, 260, 4031-4034.
- Moullade, M., Bilotte, M., Busnardo, R., Canérot, J., Fourcade, E. y Peybernès, B. (1972). Valeur stratigraphique et description de *Neoiraqia cuvillieri* n. sp. Orbitolinidé nouveau du Vraconien- Cénomanién inférieur des Pyrénées françaises et de la péninsule ibérique. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 275, 2319-2322.
- Moullade, M., Peybernès, B., Rey, J. y Saint-Marc, P. (1985). Biostratigraphic interest and paleobiogeographic distribution of early and mid-Cretaceous mesogean orbitolinids (Foraminiferida). *Journal of Foraminiferal Research*, 15, 149-158.
- Neumann, M. (1978). Contribution à l'étude du genre *Pseudorbitolina* Douvillé 1919 (Foraminifère). *Revue de Micropaléontologie*, 20 (4), 197-205.
- Neumann, M. y Damotte, R. (1960). *Abrardia*, nouveau genre du Crétacé Supérieur d'Aquitaine. *Revue de Micropaléontologie*, 3 (1), 60-64.
- Noguera, A.M. y Rea, G. (2000). Deep structure of the Campanian-Lucanian Arc (Southern Apennine, Italy). *Tectonophysics*, 324, 239-265.
- Orbigny, A.d'. (1850). *Prodrome de Paléontologie. Stratigraphique universelle des animaux mollusques etrayonnés faisant suite au cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique.*
- Patacca, E. y Scandone, P. (2007). Geology of the Southern Apennines. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 32, 93-129.
- Pawlowski, J., Holzmann, M. y Tyszka, J. (2013). New supraordinal classification of Foraminifera: Molecules meet morphology. *Marine Micropaleontology*, 100, 1- 10.
- Peybernès, B. (1976). Le Jurassique et le Crétacé inférieur des Pyrénées franco-espagnoles. Thèse 696, Univ. Paul-Sabatier, Toulouse, 459 pp
- Pfender, J. (1933). Sur un foraminifère nouveau du Bathonien des Montagnes d'Escreins (H.- Alpes): *Kilinaina blancheti*, nov. gen., nov. sp. *Annales de l'Université de Grenoble*, 10, 243-252.
- Reichel M. (1937). Etudes sur les Alvéolines. *Mémoire de la Société Paléontologique Suisse*, 57-59, 147.
- Robinson, E. (1977). Larger imperforate foraminiferal zones of the Eocene of central Jamaica, in *Memoria Segundo Congreso Latinoamericano de Geología, Caracas, Vezuela*, 3, 1413-1421.
- Roemer, F. (1849). Texas, mit besonderer Rücksicht auf deutsche Auswanderung und die physischen Verhältnisse; mit einem naturwissenschaftlichen Anhang und einer topographisch-geognostischen Karte von Texas Adolph Marcus Bonn. 464p.
- Saint-Marc, P. (1978). Biostratigraphie de l'Albien, du Cénomanién et du Turonien du Liban. In VI Colloque Africain de Micropaléontologie. *Annales des Mines et de la Géologie*, 28 (2), 111-118.
- Sartoni, S. y Crescenti, U. (1962). Ricerche biostratigrafiche nel Mesozoico dell'Appennino meridionale. *Giornale di geologia*, 29, 161-302.

- Schlagintweit, F., Rosales, I. y Najarro, M. (2017). *Cantabriconus reocinianus* n. gen., n. sp. a new conical agglutinating benthic foraminifera from the upper Aptian-lower Albian of Cantabria, N-Spain. *Cretaceous Research*, 77, 93-101.
- Schlumberger, C., y Douvillé, H. (1905). Sur Deux Foraminifères Éocènes, *Dictyoconus egyptiensis* Chapman et *Lituonella Robertinov.* gen. et sp. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 4 (5), 291–304.
- Schroeder, R. (1962). Orbitolinen des Cenomans Südwesteuropas. *Paläontologische Zeitschrift*, 36 (3- 4), 171-202.
- Schroeder, R. (1963). Palorbitolina, ein neues Subgenus der Gattung Orbitolina (Foram.). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 117, 346- 359.
- Schroeder, R. (1964). Orbitoliniden-Biostratigraphie des Urgons nordöstlich von Teruel (Spanien) (Beitrage zur biostratigraphie des spanischen Urgons II). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 8, 462-474.
- Schroeder, R. (1965). *Dictyoconus pachymarginalis* n. sp. aus dem Apt des Elburz-Gebirges (Nord-Iran) (Studien über primitive Orbitolinidae III). *Eclogae Geologicae Helveticae*, 58 (2), 976-979.
- Schroeder, R. (1968). Sobre algunos foraminíferos del Valanginense de la Sierra de Valdancha (provincia de Castellón). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 66, 311-318.
- Schroeder, R. (1973). El corte de Aulet (Prov. De Huesca) evolución de las orbitolines en el limite del Cretaceo Inferior Superior. *XIII Coloquio Europeo de Micropaleontología España*. Madrid: Comisión Nacional de Geología (CNG) y Empresa Nacional Adero de Investigaciones Mineras, S.A. (EN-ADIMSA), 141-149.
- Schroeder, R. (1974). Der Typus der Foraminiferengattung *Coskinolina* Stache 1875. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 11, 702-706.
- Schroeder, R. (1975). General evolutionary trends in orbitolinas. *Revista Española de Micropaleontología*, numero especial, 117-128.
- Schroeder, R. (1979). Les orbitolines de l'Aptien: définitions, origine et évolution. The Aptian orbitolines definitions, origin and evolution. *Géobios, Mémoire Spécial*, 3, 289-299.
- Schroeder, R., Clavel, B., Conrad, M.A., Zaninetti, L., Busnardo, R., Charollais, J. y Cherchi, A. (2000). Correlations biostratigraphiques entre la coupe d'Organyà Pyrénées Catalanes, NE de l'Espagne) et le Sud - Est de la France pour l'intervalle Valanginien – Aptien. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 9, 5-41.
- Schroeder, R., Buchem, F.S.P., Cherchi, A., Baghbani, D., Vincent, B., Immenhauser, A. y Granier, B. (2010). Revised orbitolinid biostratigraphic zonation for the Barremian – Aptian of the eastern Arabian Plate and implications for regional stratigraphic correlations. *GeoArabia (Special Publication)*, 4, 49–96.
- Schroeder, R. y Conrad, M.A. (1968). Huitième notes ur les foraminifères du Crétacé inférieur de la région genevoise. *Eopalorbitolina charollaisi*, n. gen., n. sp., un Orbitolinidé nouveau du Barrémien à faaciès urgonien. *Compte Rendu des Séances*, 2 (3), 145-162.
- Schroeder, R. y Neumann, M. (1985). Les grands Foraminifères du Crétacé moyen de la région Méditerranéenne. *Geobios, Mémoire Spécial*, 7, 1-160.
- Schroeder, R., Clavel, B. y Charollais, J. (1990). *Praedictyorbitolina carthusiana* n. gen., n. sp., Orbitolinidé (Foraminiferida) de la limite Hauterivien-Barrémien des Alpes occidentales. *Paläontologische Zeitschrift*, 64 (3/4), 193-202.

- Serra-Kiel, J., Gallardo-Garcia, A., Razin, Ph., Robinet, J., Roger, J., Grelaud, J., Leroy, S. y Robin, C. (2016). Middle Eocene-Early Miocene larger foraminifera from Dhofar (Oman) and Socotra Island (Yemen). *Arabian Journal of Geoscience*, 9 (5), 344.
- Sigal, J. y Lys, M. (1963). Précisions nouvelles sur la position stratigraphique des Colomiella (Calpionelles s.l.). *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 5, 193-194.
- Silvestri, A. (1925). Sulla diffusione stratigrafica del genere "Chapmania" Silv. E Prev. *Memorie della Pontificia Accademia della Scienze*, 2 (8), 31-60.
- Silvestri, A. (1932). Foraminiferi del Cretaceo della Somalia. *Paleontographia Italica*, 32, 143-204.
- Sirel, E. (1997). Karsella, a New Complex Orbitolinid (Foraminiferida) from the Thanetian Limestone of the Van Region (East Turkey). *Micropaleontology*, 43 (2), 206-210.
- Sgrosso, I., Amore, F. O., Ascione, A., Bonardi, G., Castellano, M. C., De Vita, P., Di Donato, V., Morabito, A., Parente, M., Pescatore, E., Priore, A., Putignano, M. L., Sandulli, R., Schiattarella, M. y Tescione, M. (2008). Carta Geologica Regionale 1:25.000 Rofrano 504 SO. SystemCart, Roma: ITALIA. *Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)*.
- Slumberger, C. (1905). Deuxieme note sur les Miliolidees trematophorees. *Sté géologique de France*
- Smout, A.H. y Sugden, W. (1962). New information on the foraminiferal genus *Pfenderina*. *Palaeontology*, 4, 581-591.
- Stache, G. (1875). Neue Beobachtungen in den Schichten der liburnischen Stufe. *Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt*, 334-338.
- Tedeschi, D. y Papetti, I. (1964). On the occurrence of *Pseudolituonella* in Lybia. *Revue de Micropaléontologie*, 7 (3), 180-187.
- Vecchio, E. y Hottinger, L. (2007). Agglutinated conical foraminifera from the Lower-Middle Eocene of the Trentinara Formation (southern Italy). *Facies*, 53, 509-533.
- Velić, I. (2007). Stratigraphy and palaeobiogeography of Mesozoic benthic foraminifera of the karst dinarides (SE Europe). *Geologia Croatica*, 60 (1), 1-113.
- Vicedo, V., Frijia, G. y Caus, E. (2012). Late Cretaceous alveolinaceans (larger foraminifera) of the Caribbean palaeobioprovince and their stratigraphic Distribution. *Journal of Systematic Palaeontology*, 11, 1-25.
- Vicedo, V., Berlanga, J.A. y Serra-Kiel, J. (2014). Paleocene larger foraminifera from the Yucatán Peninsula (SE Mexico). *Carnets de Géologie*, 14 (4), 41-68.
- Vlahović, I., Tišljarić, J., Velić, I. y Matičec, D. (2005). Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional Dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, 333-360.
- Zarcone, G., Petti, F.M., Cillari, A., Di Stefano, P., Guzzetta, D. y Nicosia, U. (2010). A possible bridge between Adria and Africa: New palaeobiogeographic and stratigraphic constraints on the Mesozoic palaeogeography of the Central Mediterranean area. *Earth-Science Reviews*, 103, 154-162.



# Anexos

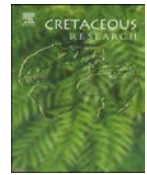
## ANEXO I

*Fissumella motolae* n. gen. n. sp., a new soritoidean (Foraminifera) from the lowermost Albian carbonate platform facies of central and southern Italy.



Contents lists available at ScienceDirect

## Cretaceous Research

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/CretRes](http://www.elsevier.com/locate/CretRes)

## Short communication

## *Fissumella motolae* n. gen. n. sp., a new soritoidean (Foraminifera) from the lowermost Albian carbonate platform facies of central and southern Italy

E. Cruz-Abad <sup>a,\*</sup>, L. Consorti <sup>a</sup>, M. Di Lucia <sup>b</sup>, M. Parente <sup>c</sup>, E. Caus <sup>a</sup><sup>a</sup> Departament de Geologia (Unitat de Paleontologia), Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Ciències, 08193 Bellaterra, Barcelona, Spain<sup>b</sup> RPS Energy, Woking, Surrey, United Kingdom<sup>c</sup> Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli, Italy

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 16 January 2017

Received in revised form

17 May 2017

Accepted in revised form 22 May 2017

Available online 25 May 2017

## Keywords:

Porcelaneous foraminifera

Soritoideans

Carbonate platform

Early Cretaceous (Albian)

Central and southern Apennines

Italy

## ABSTRACT

The Soritoidea (Foraminifera) represent an important component of Cenomanian microfossil assemblages of the central and southern Tethyan carbonate platforms and are widely used as biostratigraphic markers. In this paper a new taxon, *Fissumella motolae* n. gen. n. sp., is described from the Cretaceous carbonate platform facies of central and southern Italy. It is characterized by its small size, planispiral-involute arrangement of chambers, fissure-shaped single aperture and few and short radial septula subdividing the marginal lumen of the chambers. *Fissumella motolae* n. gen. n. sp. represents the first soritoidean in the fossil record showing internal subdivisions of the chamber lumen. Carbon isotope stratigraphy supports an earliest Albian age for this significant step in the evolution of the superfamily Soritoidea. The new subfamily Fissumellinae is established for soritoidean foraminifera with planispiral-involute lens-shaped shells, single aperture and chamber lumen subdivided by few and short septula.

© 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved.

## 1. Introduction

Benthic foraminifera, together with calcareous algae and rudist bivalves, play a key role in the biostratigraphy of the Cretaceous carbonate platforms of the central Tethyan area, from the Apennine Platform of central and southern Italy (De Castro, 1991; Chiocchini et al., 2008), to the Apulian Platform of south-eastern Italy (Luperto Sinni, 1996), the Adriatic Platform of Slovenia, Croatia, Bosnia-Herzegovina and Montenegro (Velić, 2007) and the Gavrovo platform of western Greece (Fleury, 1980).

Despite the pronounced similarity of facies, stratigraphic evolution and microfossil assemblages, the establishment of a high-resolution standard biozonation for the central Mediterranean Tethyan carbonate platforms has been strongly hindered by the poorly constrained chronostratigraphic calibration of regional biozonations. In practice, in several regions the stratigraphic succession of the bio-events is reasonably well established but their chronostratigraphic age it is not. For this reason, it is often

impossible to assess whether the most significant biostratigraphic events (i.e. FOs and LOs) are not only homotaxial but also synchronous across different carbonate platforms. A precise chronostratigraphic calibration of the biozonations used for the shallow carbonate domains is generally hampered by the absence of the fossils that have been used to erect the standard biozonations of the Cretaceous Geological Time Scale (ammonites, belemnites, planktonic foraminifera and calcareous nannofossils). This is particularly true when dealing with depositional cycles that do not include deeper and more open marine carbonate facies. However, this limitation has been recently successfully superseded by integrating biostratigraphy with isotope stratigraphy (e.g. Frijia and Parente, 2008; Parente et al., 2008; Di Lucia et al., 2012; Frijia et al., 2015; Arriaga et al., 2016; Consorti et al., 2017).

In the biozonations currently adopted for the Cretaceous shallow-water carbonates of central and southern Italy, orbitolinid foraminifera are the most significant biostratigraphic markers in the Barremian-Albian interval, whereas alveolinids and soritids are mainly used for the Cenomanian (e.g. Chiocchini et al., 2008). In this paper we describe a new porcelaneous foraminifer, introduced here as *Fissumella motolae* n. gen. n. sp., which presents more primitive (plesiomorphic) characters than the Cenomanian genera, such as

\* Corresponding author.

E-mail address: [errzzikka@hotmail.com](mailto:errzzikka@hotmail.com) (E. Cruz-Abad).

*Pseudorhapydionina* De Castro and its relatives. The stratigraphic distribution of the new taxon is illustrated in four different outcrop sections of the Apennine carbonate platform, and its chronostratigraphic age is discussed using previously published chemostratigraphic data.

## 2. Geological setting, biostratigraphy and chronostratigraphic calibration

The Apennine Carbonate Platform was part of the wide archipelago of Bahamian-type shallow-water carbonates that occupied the central Tethys during most of the Mesozoic. It is one of the largest paleogeographic elements along the margin of Adria (Channell et al., 1979), together with the Panormide, Apulian, Adriatic and Gavrovo platforms (D'Argenio, 1970; Fleury, 1980; Bernoulli, 2001; Bosellini, 2004; Vlahović et al., 2005; Cosentino et al., 2010; Zarcone et al., 2010). It was bordered to the west and to the north by the Ligurian Ocean, and separated from the Apulian Carbonate Platform to the east by the Lagonegro basin (Mostardini and Merlini, 1986; Patacca and Scandone, 2007).

The Apennine Carbonate Platform is represented by a 4–5 km thick succession of Upper Triassic to Upper Cretaceous dolostones and limestones (D'Argenio and Alvarez, 1980; Bernoulli, 2001; Bosellini, 2004), which make up the backbone of the central and southern Apennines. The maximum thickness of the Cretaceous limestones is about 1000–1200 m (Frijia et al., 2015). In the biostratigraphic scheme of Chiocchini et al. (2008), the stratigraphic interval corresponding to the Aptian, Albian and Cenomanian stages, is subdivided into six biozones (Fig. 1), spanning

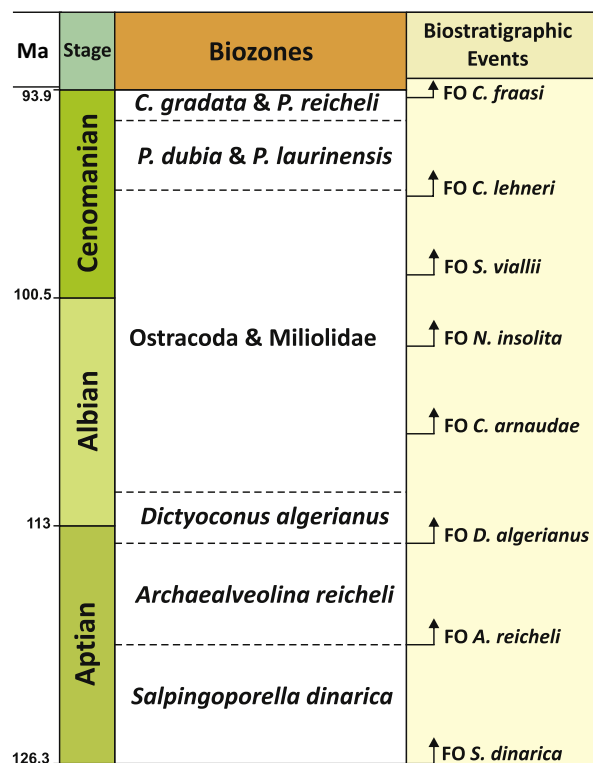


Fig. 1. Biostratigraphic zonation of the inner platform facies of the Apennine Carbonate Platform, Aptian-Cenomanian interval. From Chiocchini et al. (2008).

32.4 my according to the Geologic Time Scale of Gradstein et al. (2012).

The new soritoidean described in this paper, *Fissumella motolae* n. gen. n. sp., has been studied in four stratigraphic sections of the Apennine Carbonate Platform (Fig. 2). These sections are distributed along a NW-SE transect, from Monte Croce in the Aurunci Mts. (about 17 km northwest of Formia, Lazio), to Monte Motola, Monte Vivo and Monte Lo Cugno in the inner part of the Cilento Promontory (about 60 km southeast of Salerno, Campania). The Monte Croce and Monte Motola sections have been described by Di Lucia et al. (2012); here, we extended the logging and sampling up to the Albian interval. The sections of Monte Vivo and Monte Lo Cugno are first presented here; we sampled an interval ranging from a few meters below the FO of *Archaealveolina reicheli* (De Castro) to the FO occurrence of the lower Cenomanian marker *Sellialveolina viallii* Colalongo. The Monte Vivo section was sampled on the southern slope of Monte Vivo, about 3.5 km north of the village of Piaggine (Salerno province). The base of the section is a few tens of meters east of the starting point of the path going to the “Madonna del Vivo” sanctuary (coordinates for the base of the section: 40°21'43.51"N 15°25'19.85"E). The Monte Lo Cugno section was sampled on the south-west slope of Monte Lo Cugno, about 3.5 km south-west of the Monte San Giacomo village (Salerno province). The coordinates for the base of the section are: 40°19'31.70"N 15°31'3.07"E.

In all the studied sections *Fissumella motolae* n. gen. n. sp. has been found in the same stratigraphic position, which is some tens of meters above the LO of *Archaealveolina reicheli* and a few meters above the FO of the dasycladalean *Moreletpora turgida* (Radoičić), formerly referred to as *Salpingoporella turgida* (Fig. 3). Bucur et al. (2016) discuss the systematic position and stratigraphic distribution of this alga.

In detail, the stratigraphic thickness between the LO of *A. reicheli* and the FO of *F. motolae* n. gen. n. sp. is about 98 m at Monte Croce, 53 m at Monte Motola, 63 m at Monte Vivo, 41 m at Monte Lo Cugno. In the studied sections, *Fissumella motolae* n. gen. n. sp. has a very narrow stratigraphic range of about 5–15 m (Fig. 3). Based on the co-occurrence of the nominal species, the beds with *Fissumella motolae* n. gen. n. sp. can be placed within the “*Dictyoconus*” *algerianus* biozone of Chiocchini et al. (2008). This biozone is considered to straddle the Aptian-Albian boundary, but its chronostratigraphic calibration is only tentative (represented by dashed lines in Tab. 6 of Chiocchini et al., 2008).

The *Archaealveolina reicheli* level has been dated by carbon isotope stratigraphy as latest Aptian and correlated to the middle part of *H. jacobi* ammonite zone (Di Lucia et al., 2012). An earliest Albian age is here proposed for *Fissumella motolae* n. gen. n. sp., considering that a stratigraphic thickness of 41–98 m is interposed between its first occurrence and the last occurrence of *A. reicheli*. Ongoing work aims to achieve a more accurate chronostratigraphic calibration of the studied sections by integrating carbon and strontium isotope stratigraphy with orbitolinid biostratigraphy.

## 3. Material

The description of *Fissumella motolae* n. gen. n. sp. is based on the detailed study of about one hundred thin sections obtained from fifteen samples coming from the four studied sections. Fifty specimens have been used for biometric measurements.

In the studied thin sections *Fissumella motolae* n. gen. n. sp. occurs in peloidal foraminiferal grainstone and in bioturbated foraminiferal wackestone-packstone (Fig. 4). *Fissumella motolae* n. gen. n. sp. is associated with *Praechrysalidina infracretacea* Luperto Sinni, *Sabaudia minuta* Hofker, “*Dictyoconus*” *algerianus* Cherchi and Schroeder, *Simplorbitolina aquitanica* (Schroeder and Poignant),

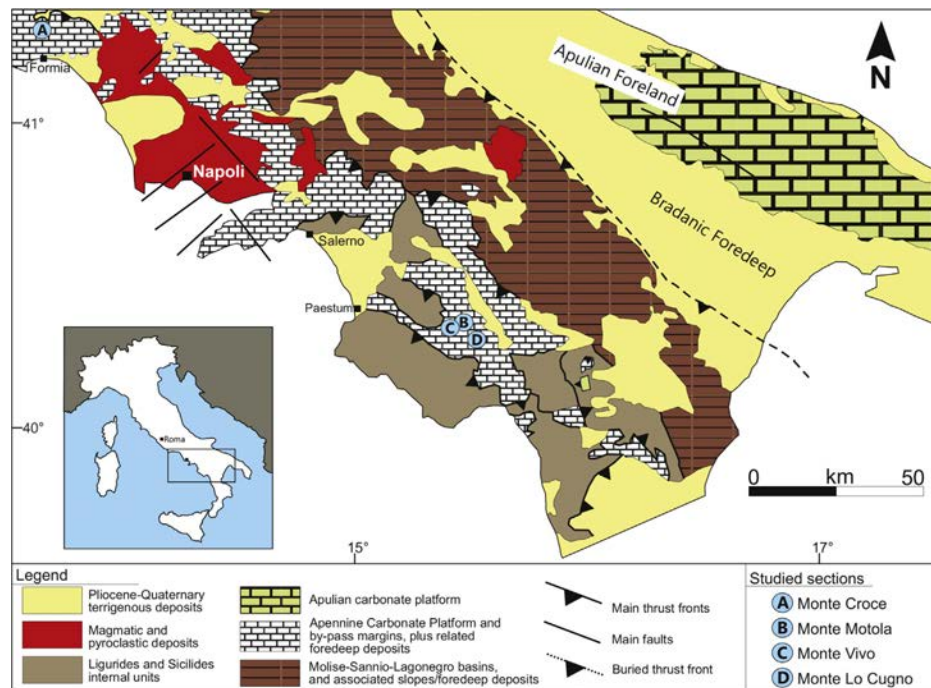


Fig. 2. Schematic geological map of the central and southern Apennines, with location of the studied sections (modified from Bonardi et al., 1988).

*Nezzazata isabellae* Arnaud-Vanneau and Sliter, *Pseudonummolucina aurigerica* Calvez, *Cuneolina* sp., indeterminate miliolids and textulariids.

For the architectural and structural terms used here, we refer to the illustrated glossary of Hottinger (2006). Following Hottinger (2007) and Consorti et al. (2015), the term septulum (an endoskeletal element) instead of beam (an exoskeletal element) is used for the marginal radial partitions in praerhapydioninid foraminifera.

#### 4. Systematics

In this paper, the classification used for phylum, class and order is from Pawlowski et al. (2013). The superfamily Soritoidea and the family Praerhapydioninidae are sensu Consorti et al. (2016).

Phylum Foraminifera d'Orbigny, 1826  
Class Tubothalamea Pawlowski et al., 2013  
Order Miliolida Delage and Hérouard, 1896  
Superfamily Soritoidea Ehrenberg, 1839  
Family Praerhapydioninidae Hamaoui and Fourcade, 1973

**Remarks.** *Fissumella* n. gen. is included in the family Praerhapydioninidae for the presence of few radial septula subdividing partially the chamber lumen of the adult chambers. The stratigraphic range of this family is therefore extended from the lowermost Albian to the Oligocene.

##### **Fissumellinae new subfamily**

Type genus *Fissumella* n. gen.

**Diagnosis.** Porcelaneous, planispiral-involute lens-shaped shells with a single aperture. Chamber lumen sporadically subdivided by few and short septula.

**Differential diagnosis.** Fissumellinae new subfamily differs from the Pseudorhapydionininae Consorti et al., 2016 because this latter subfamily has multiple cribrate apertures.

**Remarks.** The new subfamily Fissumellinae includes the genera *Fissumella* n. gen., from the early Albian, and *Rajkanella* Schlagintweit and Rigaud, from the middle-late Cenomanian.

##### **Genus *Fissumella* n. gen.**

Type species: *F. motolae* n. sp.

**Etymology.** From the Latin *fissum* (fissure) referring to the narrow and elongate aperture.

**Diagnosis.** Porcelaneous, small, lens-shaped shell with rounded margins, and slightly depressed chamber sutures. Aperture single, elongate fissure-shaped with oblique lateral branches. Planispiral-involute chamber arrangement, tending to develop a peneropli-form fan-shaped growth-stage. The marginal chamber lumen is subdivided by few and short radial partitions (incomplete septula starting in the marginal wall).

**Differences and similarities.** *Fissumella* n. gen. is morphologically close to *Rajkanella* Schlagintweit and Rigaud, but in the latter genus the aperture is rounded whereas in *Fissumella* it is an elongate fissure. It resembles the simplest species of the latest Albian?-Cenomanian genus *Pseudorhapydionina* De Castro, such as *Pseudorhapydionina anglonensis* Cherchi and Schroeder and *P. dubia* (De Castro), for the presence of few incomplete radial septula. However, these two genera differ for the aperture, which is cribrate in *Pseudorhapydionina*, single and fissure-shaped in *Fissumella*.

*Peneroplis parvus* De Castro (latest Albian-early/middle? Cenomanian) and *P. cairensis* Chiocchini (late Cenomanian) differ from *Fissumella* n. gen. because they present multiple aligned apertures and lack radial septula.



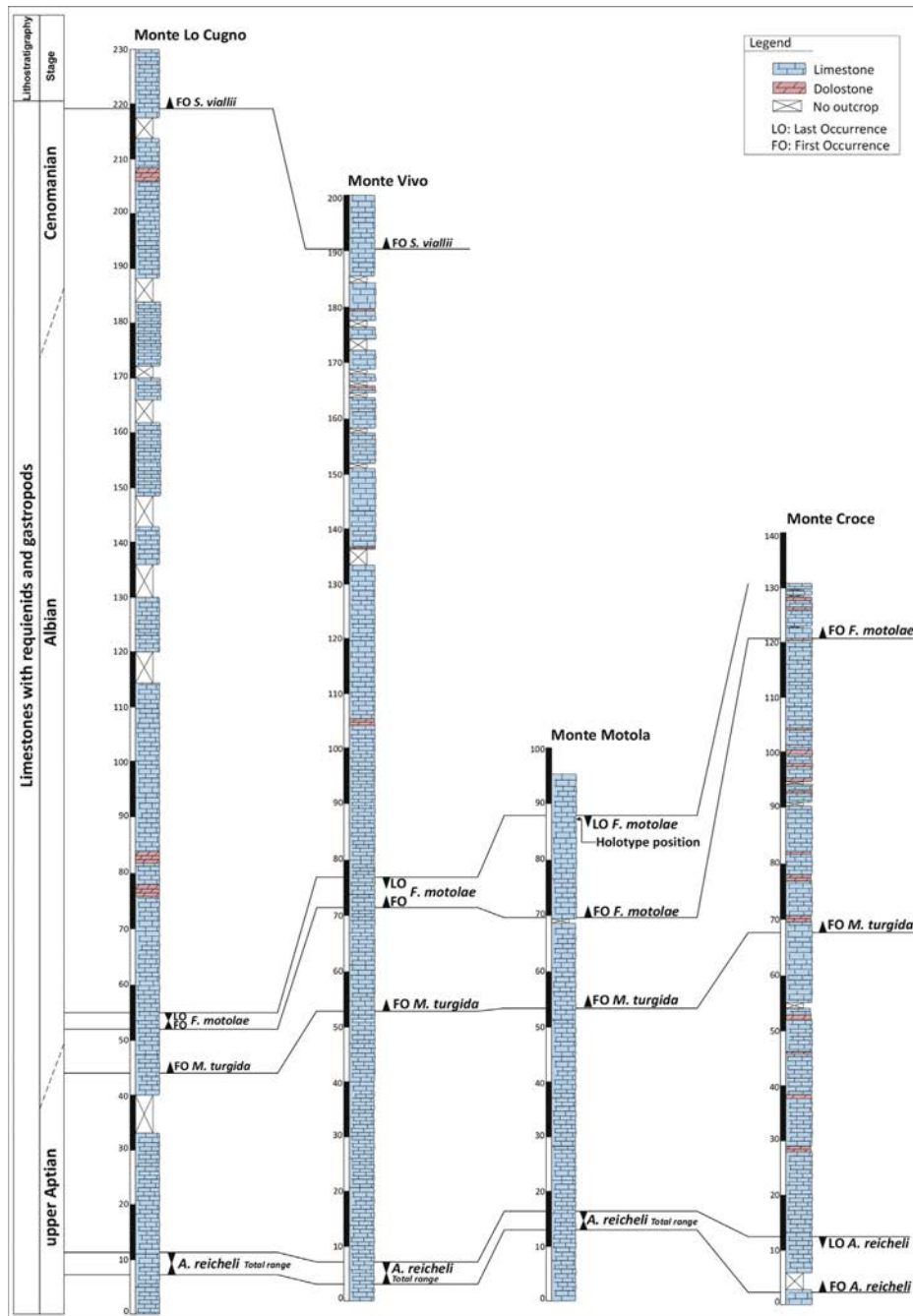
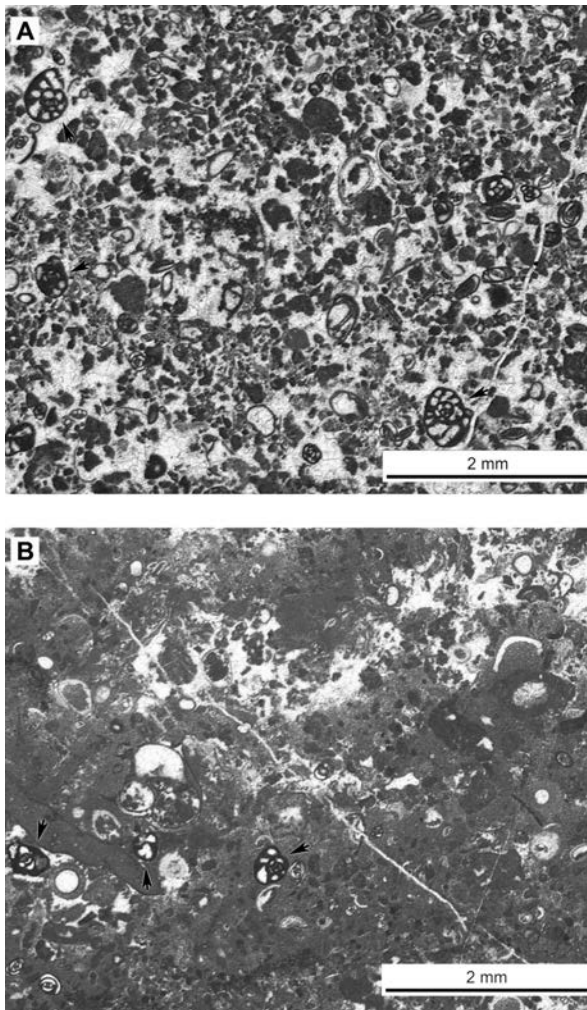


Fig. 3. Simplified stratigraphic logs of the studied sections. The correlation is based on the biostratigraphic distribution of benthic foraminiferal markers, such as the new taxon *Fissumella motolae* n. gen. n. sp., the late Aptian marker *Archaeoalveolina reicheli* and early Cenomanian marker *Sellialveolina viallii*. The FO of the calcareous green alga *Morelletpora turgida* is also shown.

For its fissure-shaped aperture, *Fissumella* n. gen. resembles the Cenozoic peneroplid genus *Dendritina* d'Orbigny, but the aperture of the latter is much more complicated. Moreover, *Dendritina*, like all Peneroplidae, lacks septula. The Palaeogene genus *Praerhapydionina* van Vessem, like *Fissumella*, has a single aperture, but it is

stellate. In addition, *Praerhapydionina* exhibits well-developed septula, subdividing also the central part of the chamber lumen, and an uniseriate chamber arrangement in the late stage of growth.

The "praerhapydioninid" genus *Tarburina*, described recently by Schlagintweit et al. (2016) from the Maastrichtian of Iran, shows a



**Fig. 4.** Transmitted light photographs of two microfacies with *Fissumella motolae* n. gen. n. sp. A: Peloidal-foraminiferal grainstone with *Fissumella* (arrows) and small miliolids; sample MO 197.6. B: Bioturbated foraminiferal wackestone-packstone with *Fissumella* (arrows), small miliolids, gastropods and ostracods; sample MO 197.6. MO: Monte Motola.

single, elongate aperture, but differs from *Fissumella* n. gen. n. sp. in having a biserial arrangement of the adult chambers.

The milioliform genus *Pseudonummoloculina* Le Calvez, associated with *Fissumella* n. gen. n. sp. in some samples, can be easily differentiated by its notched aperture and by the lack of radial subdivisions of the chamber lumen. *Danubiella* Neagu presents an elongate single aperture like *Fissumella*, but differs from this genus in its chamber arrangement, which is quinqueloculina in the early stage, becoming later planispiral, with three chambers per whorl, and with a final stage that may uncoil in about two rectilinear chambers.

Age. Earliest Albian.

***Fissumella motolae*** n. sp.

Fig. 5

Synonymy. *Peneroplis* sp. Di Lucia, 2010, pl. 1, fig. 11.

**Etymology.** From Mt. Motola, in the Cilento promontory (southern Italy), which is the type locality of this new species.

**Holotype.** Equatorial section illustrated in Fig. 5A (from sample: MO 197.6). PUAB 82521LP06.

**Paratypes.** Tangential sections illustrated in Fig. 5X, Y (from sample MO 197.6). PUAB 82521LP02 and PUAB 82521LP06.

**Repository.** Collection Universitat Autònoma de Barcelona PUAB 82517-82523.

**Type locality.** Monte Motola (coordinates: 40°21'52"N–15°25'44"E, about 5 km north of the village of Piaggine, in the province of Salerno, Campania, Italy).

**Type level.** Grainstone-packstone with *Praechrysalidina infracretacea*, *Sabaudia minuta*, "*Dictyoconus*" *algerianus*, *Simplorbitolina aquitana*, *Nezzazata isabellae*, *Pseudonummoloculina aurigerica*, *Cuneolina* sp., indeterminate miliolids and textulariids. Dasycladalean algae and ostracods are also present. Calcarei con Requenie and Gasteropodi Formation (Limestones with requienids and gastropods Fm).

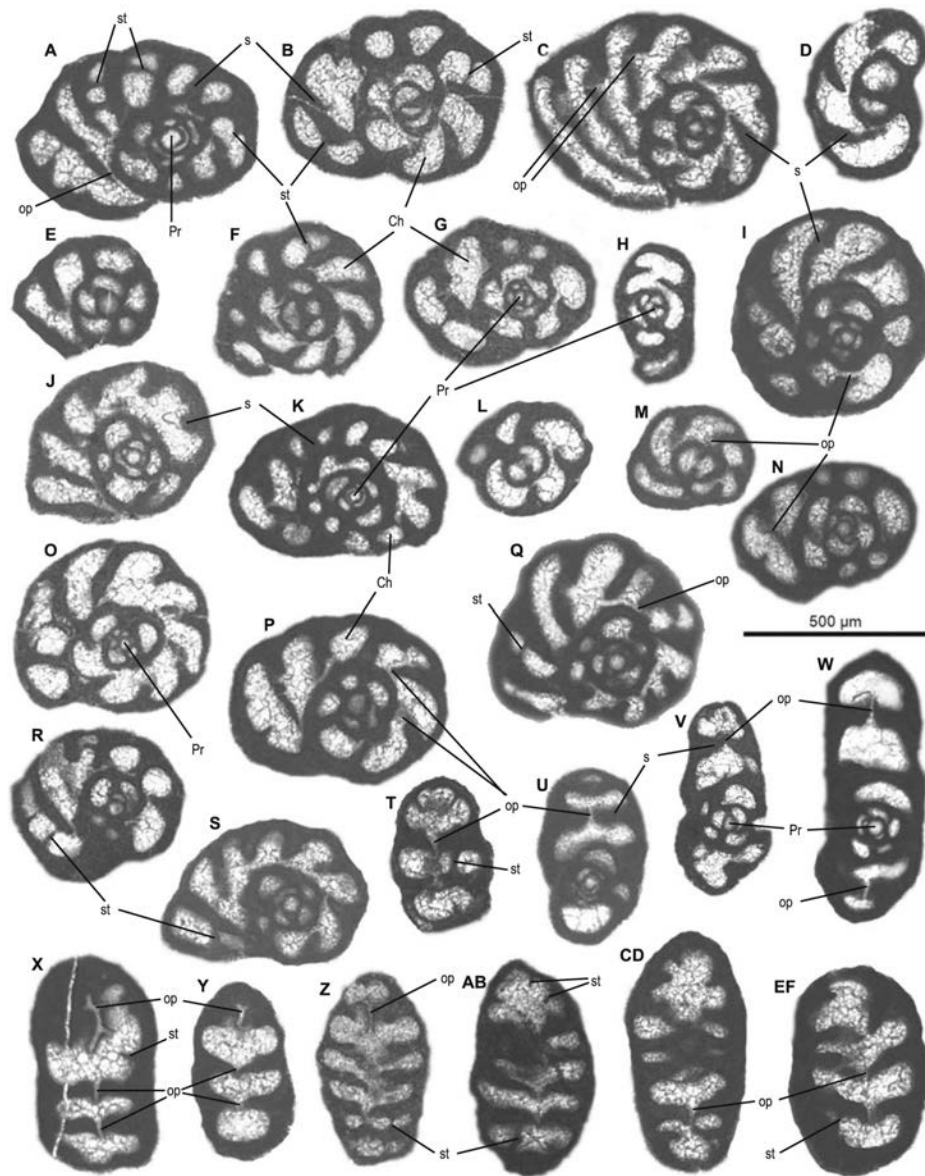
**Diagnosis.** Porcelaneous, lens-shaped shells with planispiral-involute chamber arrangement. The skeleton consists of few incomplete radial partitions (septula). The aperture forms an elongate fissure with lateral branches.

**Description.** Small, lens-shaped shells with an average maximum diameter of 0.6 mm (with two and half whorls). The index of compression (the ratio between the shell diameter and width) is about 1.7. The planispiral chambers following the spherical proloculus are arranged in two to two and a half (rarely three) whorls, with eight to ten chambers in the last whorl in adult specimens. The earliest chambers are small and isometric, while the adult chambers widen progressively, attaining a peneropliform aspect in the latest stage of growth. Septa are thick (about 40 µm) and thicken at the distal part. Septula are thin (about 10 µm) and are present only in the adult stage. The aperture is an elongate fissure, resembling a buttonhole with oblique lateral branches.

**Measurements of the holotype.** Shell diameter 0.66 mm; 2.5 whorls (5 in the first, 7 in the second and 4 in the three incomplete whorl); wall thickness about 35 µm; septum thickness about 40 µm; septulum thickness about 13 µm; proloculus diameter about 52 µm.

**Remarks.** Some specimens show a large (35–52 µm), spherical proloculus followed by a long and narrow flexostyle and later planispiral chambers; they represent clearly the megalospheric generation. Other specimens, which could correspond to the microspheric generation, present a very small proloculus (about 15 µm) followed by five small chambers, with a probably slightly streptospiral arrangement. However, no differences are observed in the adult shells. The streptospiral arrangement of the earliest chambers was also indicated in *Pseudorhapydionina dubia* (De Castro in Schroeder and Neumann, 1985).

**Geographical distribution and age.** *Fissumella motolae* n. gen., n. sp. has been found so far only in samples coming from the Apennine Carbonate Platform of central and southern Italy. It occurs in levels that can be attributed to the "*Dictyoconus*" *algerianus* biozone of Chiocchini et al. (2008), based on the associated microfossils. In the four studied sections, the FO of *Fissumella motolae* n. gen., n. sp. is 41–98 m above the LO of *A. reicheli*. The latter biostratigraphic event is placed within the late Aptian, very close to the Aptian-Albian boundary, by Chiocchini et al. (2008), while Velić (2007) places it within the earliest Albian. Di Lucia et al. (2012) suggested a latest Aptian age for the LO of *A. reicheli*, based on carbon isotope stratigraphy. Taking into account all these data, we propose an earliest Albian age for the very narrow range of *Fissumella motolae* n. gen., n. sp.



**Fig. 5.** Transmitted-light microphotographs of *Fissumella motolae* n. gen., n. sp. A: Holotype; X, Y: Paratypes. A–C, E–G, I–S: Equatorial and slightly oblique sections (at low angles to the equatorial plane) showing the shape and number of planispiral chambers, the position and shape (elongate with oblique branches) of the foramen and the septula perpendicular to the external wall; E, L, M: Juvenile specimens. D: Oblique section. T, X–Z, AB, CD, EF: Tangential sections cutting the foramina of successive septa. See in X, and partially in Y, the complex opening constituted by a main elongate fissure with perpendicular branches. U–W: Axial and slightly oblique sections (at low angles to the axial plane) showing the rounded margin and the elongated foramen. A–C, I–J, N, Q–S, U–W: Macrospheric forms. G, H, O: Probably microspheric forms. Legend: Ch: chamber; op: aperture/foramen; Pr: proloculus; s: septum; st: septulum. A, B, E, I, K, M–Q, S, T, X, Y, CD, EF from sample MO 197.6; C from sample V 70.5; D, G, H, L, R, V from sample V 71.5; F from sample CR 240.2; J from sample MO 180.9; U, W from sample MO 191.6; Z, AB from sample CR 235.5. The prefix of the samples identifies the locality of provenance: CR stands for Monte Croce, MO for Monte Motola, V for Monte Vivo.

### 5. The origin of the praerhapydionid structure and some comments on the classification of the superfamily Soritoidea

*Fissumella* n. gen. represents a significant step in the evolution of soritoidean foraminifera: its rudimentary, incomplete radial septula mark the first appearance (in the earliest Albian) of internal subdivisions of the chamber lumen in the superfamily Soritoidea.

Probably the radial septula are a derived morphological trait departing from a peneroplid morphotype with undivided chambers. However, the oldest peneroplid known in the fossil record is *Peneroplis parvus* De Castro, from the latest Albian (De Castro in Schroeder and Neumann, 1985). Moreover, the relationship of the Cretaceous *Peneroplis parvus* and *P. cairensis* with the Palaeogene to Recent Peneroplidae taxa is unclear.

The next step recorded in the evolution of soritoideans took place in the Cenomanian, when they diversified into two separate groups, defined by different shell architectures. Soritoidean genera with incomplete radial septula combined with planispiral to uncoiled or peneropliform habit of growth, apertures in the center of the septum and absence or presence of pillars, like *Pseudorhapydionina* and related genera, are included in the family Praerhapydioninidae Hamaoui and Fourcade *sensu* Consorti et al. (2016).

A different shell architecture is represented by the genus *Pastrikella* Cherchi and Schroeder, which is characterized by marginal radial septula, leaving a wide preseptal passage in the equator of the shell, combined with planispiral to annular arrangement of chambers and multiple apertures in the margin of the annuli. The stolon axes in successive chambers are radially aligned. For this latter genus and its related Coniacian-Campanian genus *Broeckina* Munier-Chalmas, which were recently removed from the Meandropsinidae due to the lack of an “Ophthalmidium” origin (Consorti et al., 2016), a new family should be erected. However, in this paper we refrain from introducing new names in the systematic literature before a comprehensive revision of the Soritoidea, which is needed in order to clarify the relationships between the Cretaceous and the Tertiary taxa of this superfamily.

## 6. Conclusions

The lower Albian inner platform facies of the Apennine Carbonate Platform (central and southern Italy) yield abundant specimens of a porcelaneous, planispiral to slightly peneropliform foraminifer that has been here described as *Fissumella motolae* n. gen. n. sp. It is characterized by a lens-shaped shell, single fissure-shaped aperture, and few and short radial septula subdividing incompletely the interior of the chambers. The appearance of incomplete subdivisions of the chamber interior in *Fissumella motolae* n. gen. n. sp., represents a very significant step in the evolution of the soritoidean foraminifera.

*Fissumella motolae* n. gen. n. sp. occurs at a stratigraphic level that can be correlated with the “*Dictyoconus*” *algerianus* biozone of Chiocchini et al. (2008). Carbon isotope stratigraphy supports an earliest Albian age. For its common occurrence, wide geographic distribution in the central and southern Apennine, and narrow stratigraphic range (5–15 m in the studied sections), *Fissumella motolae* n. gen. n. sp. is a potentially useful biostratigraphic marker.

## Acknowledgements

The financial support of the Spanish Ministry of “Economía and Competitividad” (projects CGL2012-33160 and CGL2015-69805-P) is gratefully acknowledged. MP has been partially funded also by the project MIUR-PRIN 2010-11 (prot. 2010X3PP8J).

The final version of this article has been considerably improved by the suggestions of Johannes Pignatti and an anonymous reviewer. We thank Eduardo Koutsoukos for his careful editorial handling of our manuscript.

## References

Arriaga, E., Frijia, G., Parente, M., Caus, E., 2016. Benthic foraminifera in the aftermath of the Cenomanian-Turonian boundary extinction event in the carbonate platform facies of the southern Apennines (Italy). *Journal of Foraminiferal Research* 46, 9–24.

Bernoulli, D., 2001. Mesozoic-Tertiary carbonate platforms, slopes and basins of the external Apennines and Sicily. In: Vai, G.B., Martini, I.P. (Eds.), *Anatomy of an Orogen: The Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 307–325.

Bonardi, G., D’Argenio, B., Perrone, V., 1988. Carta Geologica dell’Appennino meridionale. SELCA, Firenze.

Bosellini, A., 2004. The western passive margin of Adria and its carbonate platforms. Special Volume Italian Geological Society for IGC 32, Florence, pp. 79–92.

Bucur, I.I., Schlagintweit, F., Rashidi, K., Saberzadeh, B., 2016. *Morelletpora turgida* (Radoičić, 1975 non 1965) a Tethyan calcareous green alga (Dasycladales): taxonomy, stratigraphy and paleogeography. *Cretaceous Research* 58, 168–182.

Channell, J.E.T., D’Argenio, B., Horvath, F., 1979. Adria, the African Promontory, in Mesozoic Mediterranean palaeogeography. *Earth-Science Reviews* 15, 213–292.

Chiocchini, M., Chiocchini, R.A., Didaskalou, P., Potetti, M., 2008. Microbiostratigrafia del Triassico superiore, Giurassico e Cretacico in facies di piattaforma carbonatica del Lazio centro-meridionale e Abruzzo: revisione finale. In: Chiocchini, M. (Ed.), *Memorie Descrittive della Carta Geologica d’Italia*, Torino, 84, pp. 5–170.

Consorti, L., Caus, E., Frijia, G., Yazdi-Moghadam, M., 2015. *Praetaberina* new genus (type species: *Taberina bingistani* Henson, 1948): a stratigraphic marker for the late Cenomanian. *Journal of Foraminiferal Research* 45, 370–389.

Consorti, L., Boix, C., Caus, E., 2016. *Pseudorhapydionina bilotiei* sp. nov., an endemic foraminifera from the post-Cenomanian/Turonian boundary (Pyrenees, NE Spain). *Cretaceous Research* 59, 147–154.

Consorti, L., Frijia, G., Caus, E., 2017. Rotaloidean foraminifera from the Upper Cretaceous carbonates of Central and Southern Italy and their chronostratigraphic age. *Cretaceous Research* 70, 226–243.

Cosentino, D., Cipollari, P., Marsili, P., Scrocca, D., 2010. Geology of the central Apennines: a regional review. *Journal of the Virtual Explorer* 36. <http://dx.doi.org/10.3809/jvirtex.2010.00223>.

D’Argenio, B., 1970. Evoluzione geotettonica comparata tra alcune piattaforme carbonatiche del Mediterraneo Europeo ed Americane. *Atti Accademia Pontaniana* 20, 1–34.

D’Argenio, B., Alvarez, W., 1980. Stratigraphic evidence for crustal thickness changes on the southern Tethyan margin during the Alpine cycle. *GSA Bulletin* 91, 681–689.

De Castro, P., 1985. *Peneroplis parvus* De Castro, 1965. *Pseudorhapydionina dubia* (De Castro, 1965). In: Schroeder, R., Neumann, M. (Eds.), *Les grands Foraminifères du Crétacé moyen de la région méditerranéenne*. Geobios, Mémoire special 7, 23–27, 86–97.

De Castro, P., 1991. Mesozoic. In: Barattolo, F., De Castro, P., Parente, M. (Eds.), *Field Trip Guide-Book, 5th International Symposium on Fossil Algae*. Giannini editore, Napoli, pp. 21–38.

Di Lucia, M., Trecalli, A., Mutti, M., Parente, M., 2012. Bio-chemostratigraphy of the Barremian-Aptian shallow-water carbonates of the southern Apennines (Italy): pinpointing the OAE1a in a Tethyan carbonate platform. *Solid Earth* 3, 1–28.

Fleury, J.J., 1980. Les zones de Gavrovo–Tripolitza et du Pinde–Olnos (Grece continentale et Peloponèse du Nord). Evolution d’une plate-forme et d’un bassin dans leur cadre alpin. *Publications Société Géologique du Nord* 4, 1–651.

Frijia, G., Parente, M., 2008. *Reticulinella kaeveri* Cherchi, Radoičić and Schroeder: a marker for the middle upper Turonian in the shallow-water carbonate facies of the peri-adriatic area. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 127, 275–284.

Frijia, G., Di Lucia, M., Parente, M., Mutti, M., 2015. Carbon and Strontium isotope stratigraphy of the Upper Cretaceous (Cenomanian–Campanian) shallow-water carbonates of southern Italy: chronostratigraphic calibration of larger foraminifera biostratigraphy. *Cretaceous Research* 53, 110–139.

Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, K., Ogg, G., 2012. *The Geological Time Scale*. Elsevier, 1144 pp.

Hottinger, L., 2006. Illustrated glossary of terms used in foraminiferal research. *Carnets de Géologie* 1–126.

Hottinger, L., 2007. Revision of the foraminiferal genus *Globoreticulina* Rahaghi, 1978, and of its associated fauna of larger foraminifera from the late Middle Eocene of Iran. *Carnets de Géologie* 7, CG2007\_A06, 51 pp.

Luperto Sinni, E., 1996. Sintesi delle conoscenze biostratigrafiche del Cretaceo del Gargano e delle Murge. *Memorie della Società Geologica Italiana* 51, 995–1018.

Mostardini, F., Merlini, S., 1986. Appennino Centro-Meridionale: sezioni geologiche e proposta di modello strutturale. *Memorie della Società Geologica Italiana* 35, 177–202.

Parente, M., Frijia, G., Di Lucia, M., Jenkyns, H.C., Woodfine, R.G., Baroncini, F., 2008. Stepwise extinction of larger foraminifera at the Cenomanian-Turonian boundary: a shallow-water perspective on nutrient fluctuations during Oceanic Anoxic Event 2 (Bonarelli Event). *Geology* 36, 715–718.

Patacca, E., Scandone, P., 2007. Geology of the Southern Apennines. In: Mazzotti, A., Patacca, E., Scandone, P. (Eds.), *CROP-04, Bollettino Società Geologica Italiana (Ital. J. Geosci.)*, Special Issue 7, pp. 75–119.

Pawlowski, J., Holzmann, M., Tyszka, J., 2013. New supraordinal classification of Foraminifera: molecules meet morphology. *Marine Micropaleontology* 100, 1–10.

Schlagintweit, F., Rashidi, K., Barani, F., 2016. *Tarburina zagrosiana* n. gen., n. sp., a new larger benthic porcelaneous foraminifera from the late Maastrichtian of Iran. *Journal of Micropaleontology* 35 (2). <http://dx.doi.org/10.1144/jmpaleo2016-019>.

Velić, I., 2007. Stratigraphy and palaeobiogeography of Mesozoic benthic foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europa). *Geologia Croatica* 60, 1–113.

Vlahović, I., Tislar, J., Velić, I., Maticeć, D., 2005. Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 220, 333–360.

Zarcone, G., Petti, F.M., Cillari, A., Di Stefano, Pietro, Guzzetta, D., Nicosia, U., 2010. A possible bridge between Adria and Africa: new palaeobiogeographic and stratigraphic constraints on the Mesozoic palaeogeography of the Central Mediterranean area. *Earth Science Reviews* 103, 154–162.

## ANEXO II

*Lepinoconus chiocchini* gen. n., sp. n., a conical agglutinated Foraminifera from the upper Cretaceous of Italy.



## LEPINOCONUS CHIOCCHINII GEN. N., SP. N., A CONICAL AGGLUTINATED FORAMINIFERA FROM THE UPPER CRETACEOUS OF ITALY

ERZIKA CRUZ-ABAD, LORENZO CONSORTI & ESMERALDA CAUS

Departament de Geologia (Unitat de Paleontologia), Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Ciències, 08193 Bellaterra, Barcelona, Spain. E-mail: erzika.cruz@uab.cat; lorenzo.consorti.cs@gmail.com; esmeralda.caus@uab.cat

To cite this article: Cruz-Abad E., Consorti L. & Caus E. (2017) - *Lepinoconus chiochirii* gen. n., sp. n., a conical agglutinated foraminifera from the Upper Cretaceous of Italy. *Riv. It. Paleontol. Strat.*, 123(2): 347-354.

**Keywords:** Larger benthic foraminifera; Coskinolinoidea; Systematics; Late Cretaceous; Central Italy.

**Abstract.** A new conical agglutinated foraminifer, *Lepinoconus chiochirii* gen. n., sp. n. from the lower Campanian shallow-water platform deposits of the Lepini Mountains (central Apennines, Italy), is described. It has a pseudo-keriothecal wall structure, uniserial arrangement of the adult chambers and multiple apertures. The exoskeleton is constituted by beams (main and intercalary) continuous from one chamber to the next, while the endoskeleton bears pillars. The new taxon is included in the Coskinolinidae family. *Lepinoconus chiochirii* gen. n., sp. n. is known from southern Italy, Greece and Albania.

### INTRODUCTION

The uniserial conical agglutinated foraminifera (called informally orbitoliniform foraminifera) are widespread in the shallow platform deposits of the Early and “middle” Cretaceous, but they are much more restricted in their distribution in the Late Cretaceous and Palaeogene, where they occupied only marginal areas of the shallow carbonate platform (Chiochini & Mancinelli 1977, Hottinger & Drobne 1980; Caus & Cornella 1981; Vecchio et al. 2007; among others). Moreover, the large flat-cones built by ring-shaped chambers typical of the “middle” Cretaceous orbitolines disappeared during the Cenomanian. Hottinger & Drobne (1980) suggested that these large forms developed only during Early and “middle” Cretaceous where these agglutinated foraminifera are not in competition with other larger benthic foraminifera. In the Late Cretaceous, the conical agglutinated foraminifera are in competition with large porcelaneous and lamellar-perforated foraminifera. Consequently, the Late Cretaceous orbitoliniform foraminifera are relatively small, their facies distribution is very limited and their fossil record is discontinuous. These are probably the main reasons why only few taxa have been reported in the literature (*Pseudorbitolina marthae* Douvillé; *Dictyoconella complanata* Henson, *D. minima* Henson, *Dictyoconus mosae* Hofker, *Orbitolinopsis*

*senonicus* Gendrot, *Paleodictyoconus senonicus* Moullade & Viallard, *Abrardia catalaunica* Bilotte, *Calveziconus lecalveziae* Caus & Cornella, *Falsugonina parva* Luper-to-Sinni & Martin-Chivelet and *Dictyoconus bakhtiari* Schlagintweit, Rashidi & Babadipour although in several geological works they were mentioned as indeterminate Orbitolinidae (see, for instance, Luper-to Sinni & Ricchetti 1978; Chiochini & Mancinelli 1977).

Therefore the aim of this paper is to contribute to the knowledge of the Late Cretaceous uniserial conical agglutinated foraminifera by describing a new taxon from the Campanian deposits cropping out in the Lepini Mountains.

### GEOLOGICAL SETTING

The Lepini Mountains are located in the southern part of the Latium region, central Italy (Fig. 1A). Together with the adjacent Ausoni and Aurunci Mountains, they constitute the Vosci Range (Fig. 1B), which represents a continuous mountain belt of almost 80 km in length and mainly composed of shallow-water carbonates (Accordi 1966; Centamore et al. 2007). During the Mesozoic, the Volsci Range was part of a tropical Tethyan carbonate platform bordered by deep hemipelagic to pelagic domains (Cosentino et al. 2010; Zarccone et al. 2010). From the Early Jurassic to the early Miocene, the shallow-water carbonate sedimentation persisted in

Received: February 23, 2017; accepted: June 20, 2017

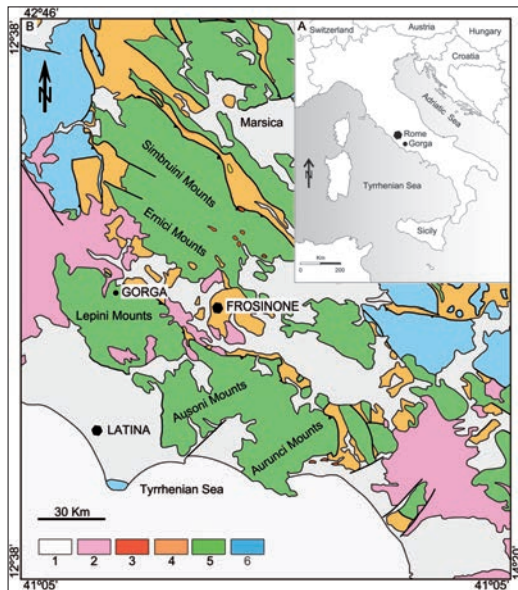


Fig. 1 - A) Geological map of the Central Apennines. 1: Plio-Pleistocene marine and continental deposits; 2: Pleistocene volcanics; 3: Messinian clastic deposits and evaporites; 4: fore-deep siliclastic deposits of undifferentiated age; 5: Meso-Cenozoic shallow-water limestones; 6: Meso-Cenozoic deep-water limestones. Redrawn from Cosentino et al. (2010). B) Map of Italy showing the geographic position of the village of Gorga.

a long-standing palaeogeographic element (Apennine Platform formerly named Latium-Abruzzi Platform; e.g., Accordi 1966; Chiocchini & Mancinelli 1977; Chiocchini et al., 1995; Chiocchini & Pichezzi, 2016). These deposits were subsequently deformed during the Apennine compressional phase resulting in a fold-and-thrust belt structure (Centamore et al. 2007; Parotto & Tallini 2013; Cardello & Doglioni 2015). The sedimentology, stratigraphy and biostratigraphy of the Cretaceous deposits from Lepini Mountains were previously studied by Carbone & Catenacci (1978), Chiocchini & Mancinelli (2001) and Brandano & Loche (2014) among others. In particular, the classical “Rava Santa Maria” section of Chiocchini & Mancinelli (2001) is located in the Lepini Mountains. The stratigraphic distribution of benthic foraminifera in this section was crucial to the definition of many of the biozones used for the biostratigraphy of Upper Cretaceous shallow water carbonates of the central Apennines (Chiocchini et al. 2008).

## MATERIAL AND METHODS

The new taxon comes from a stratigraphic section about 100 m thick measured on the dirt track leading to the base of the Monte Filaro, east of the village of Gorga (base of the section: N 41°39'19"-E 13°07'17"; top of the section: N 41°39'25"-E 13°07'11", Fig. 2A, C). This section, falling in the lower part of the Rava Santa Maria section of Chiocchini & Mancinelli (2001), can be attributed lithostratigraphically to the Radiolitic Limestone Formation (Di Stefano et al. 2011) and biostratigraphically to the *A. conica* and *R. scarsellai* biozone (Chiocchini et al. 2008; 2012).

The series is composed of limestones, with intercalated dolomitic levels, characterized by birdseyes and other desiccation structures. The fossil content consists of benthic foraminifera (mainly rotalids, see fig. 4D in Consorti et al. 2017), the demosponge *Sarmentofascis zamparelliae* Schlagintweit, Frija & Parente, *Thaumatoporella*, cyanobacteria probably referable to *Decastronema kotori* (Radiočić) and crustacean remains. The most common foraminifera are *Accordiella conica* Farinacci, *Moncharmontia apenninica* (De Castro), *Scandonea mediterranea* De Castro, *Rotalispira scarsellai* (Torre), *R. maxima* Consorti, Frija & Caus and *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas. *Lepinoconus chiocchini* gen. n., sp. n. has been found only within its type-level, which is also the type-level of *R. maxima* (Consorti et al. 2017).

The study is based on sixteen thin-sections of limestone. About fifty random sections of *Lepinoconus chiocchini* have been obtained from sample 057. The studied material is housed in the micropalaeontological collection of the *Universitat Autònoma de Barcelona*, Spain, under the numbers PUAB 82524LP01-16.

For the definition of the architectural terms used in the diagnosis and description of the genus we refer to Hottinger & Drobne (1980) and Hottinger (2006).

## SYSTEMATIC PALEONTOLOGY

Phylum FORAMINIFERA D'Orbigny, 1826

Class GLOBOTHALAMEA Pawlowski et al., 2013

Order Textulariina Delage & Hérouard, 1896

Superfamily Coskinolinoidea Moullade, 1965

Family Coskinolinidae Moullade, 1965

Genus *Lepinoconus* gen. n.

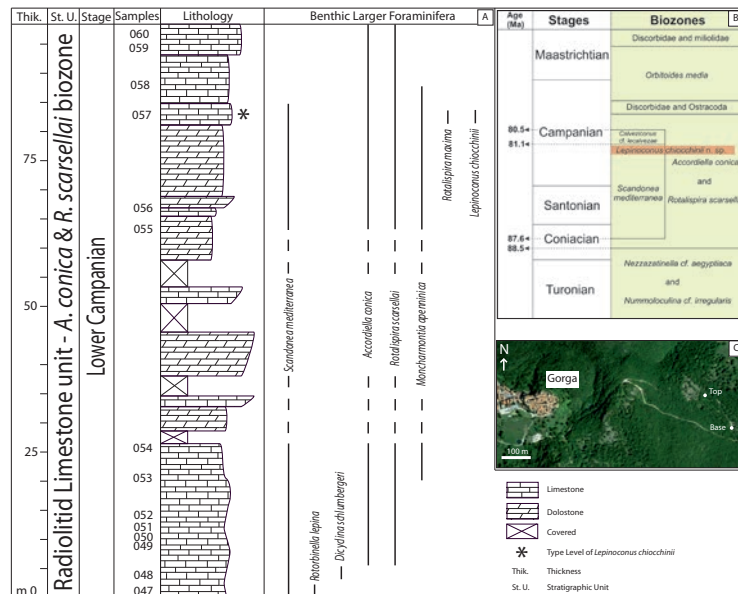
Type species: *Lepinoconus chiocchini* sp. n.

**Derivatio nominis:** named after Lepini Mountains.

**Diagnosis:** Pseudo-keriothecal shells of high-conical shape with flat or slightly convex base. In the earliest stages of growth, the chambers are probably spirally arranged, and later, uniserial. The multiple apertures are situated in the central area of the cone. The exoskeleton consists of radial partitions (main beams and intercalary beams) in line from one chamber to the next. The endoskeleton consists of irregularly positioned pillars.

**Differential diagnosis:** The textural and main architectural characteristics of the new genus *Lepinoconus* seem to correspond to those described for the American Palaeogene *Coskinolina* (*Coleiconus*) *elongata* Cole (for details, see Hottinger & Drobne

Fig. 2 - A) Stratigraphic log of the section studied in this work with the distribution of selected larger benthic foraminifera. B) Biozones and subzones of the inner platform facies of the Apennine Carbonate Platform according to Chiocchini et al. (2008) and Frija et al. (2015). Numerical age from strontium isotope stratigraphy of Frija et al. (2015). C) Location of the measured section in the field.



1980, p. 233-234, text-fig. 11; pl. 13, fig. 7-14), but this last taxon (see Loeblich & Tappan 1987, for generic reassessment) has marginal apertures that are lacking in *Lepinoconus*. The representatives of the Tethyan *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* Stache (type species of the genus, for details, see Hottlinger & Drobne 1980, p.226, text-fig. 2; pl. 4, fig. 14; pl. 6, fig. 1, 3, 5; pl. 7, fig. 1-15; pl. 8, fig. 1-10) lack exoskeletal elements. The lower Cretaceous genera *Paracoskinolina* Moullade and *Coskinolinoides* Keijzer have simple *Lepinoconus*-like exoskeletal elements, but they do not develop a thick keriothecal structured wall. The new genus differs from *Abrardia* Neumann & Damotte (species type: *Dictyoconus mosae* Hofker) due to the complexity of the exoskeleton of this latter genus, which is formed by beams and rafters; moreover, it lacks a keriothecal structure. *Calveziconus* Caus & Cornella (species type: *C. lealvezae*) occurs in the same stratigraphic interval as *Lepinoconus* and possess an exoskeleton constituted by alcoves, but the chamber lumen is subdivided by septula. After the illustrations given by the authors and reproduced by Loeblich & Tappan (1987, pl. 170, fig. 7; pl. 171, fig. 1-8; pl. 172, fig. 8-11), the genus *Pseudorbitolina* Douvillé and *Dictyoconella* Henson, unlike *Lepinoconus* gen. n., seem to have a reticulated subepidermal exoskeleton (see also Schlagintweit et al. 2017).

### *Lepinoconus chiocchini* gen n., sp. n.

Pl. 1, 2

1970 *Coskinolina* sp. - Fleury, pl. 1, fig. 5-7

1976 *Urgonina* sp. - Luperto Sinni, pl. 37, fig. 1-6

1976 *Paracoskinolina* sp. - Luperto Sinni, pl. 38, fig. 1-3

1976 *Abrardia mosae* (Hofker) - Luperto Sinni, pl. 41, fig. 1-12.

1977 Orbitolinidae - Chiocchini and Mancinelli, pl. 42, fig. 1,2

1978 Orbitolinidae gen. indet. - Luperto Sinni and Ricchetti, pl. 42, fig. 1-2; 4-6; pl. 43, fig. 4; pl. 44, fig. 7-9; pl. 45, fig. 15-17.

2008 Orbitolinidae - Chiocchini et al., pl. 31, fig. 1.

?2015 *Acordiella* aff. *conica* - Schlagintweit et al., fig. 6D.

**Derivatio nominis:** In honour of Prof. Maurizio Chiocchini, who studied the Mesozoic benthic foraminifera from Central Italy and their application in biostratigraphy.

**Holotype:** Specimen figured in Figure A from Plate I. PUAB 825224LP-01.

**Paratypes:** Specimens figured in Figure B-D from Plate I. PUAB 825224LP01, 825224LP07, 825224LP02, respectively.

**Type locality:** Gorga Village, Lepini Mounts (Central Italy). Coordinates: N 41°39'26" - E 13°07'05" (see also fig. 1B, sample 057, of Consorti et al. 2017).

**Type level and age:** Packstone with *Rotalispira maxima*, *R. scarsellai*, *Acordiella conica* and "*Thaumatoporella* - *Decastronema association*". Campanian.

**Diagnosis:** High conical shell with pseudo-keriothecal structure (Fig. 3). The marginal chamber cavity is subdivided by exoskeletal elements consisting of beams (main and intercalary) aligned from one chamber to the next. The endoskeleton consists of irregularly positioned pillars. The chambers in the earliest stages of growth form probably a spire. Later, chambers consist of discs uniserially arranged. The available sections are not sufficient to define if there is a significant dimorphism between A and B generations.



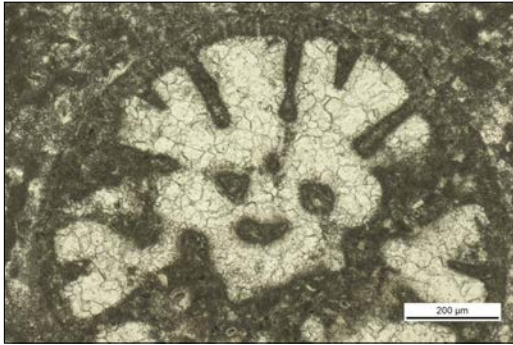


Fig. 3 - Detail of the pseudo-keriothecal structure in transverse section.

**Description.** Small-sized (maximum length 2 mm; maximum diameter 1 mm; D/L 1/2), high-conical shells with flat to slightly convex apertural face. The chambers in the earliest stage of growth probably form a small trochospire followed by discoidal uniserially arranged chambers, which constitute the main shell. There are 12-13 uniserial chambers per 1 mm axial length in the adult part of the cone. The comparatively thick chamber wall (about 40  $\mu\text{m}$ , Fig. 2) results in a texture formed by closely spaced radial elements (“traverse pores” in Douglas, 1960). The exoskeleton consists of a few and relatively spaced thick beams of two orders (main and intercalary beams), which are aligned from one chamber to the next. The main beams extend from the external wall to the center of the chamber about one half of the radius of the disc, while the intercalary beams occupy only one third of this radius. In transversal sections there are about 10 partitions (main and intercalary beams) for a circumference diameter of 0.5 mm, and 18-20 (main and intercalary beams) for a diameter of 1mm have been counted in transverse sections.

The central part of the uniserial discoid chambers is occupied by few pillar-shaped elements. There are about 2-3 pillars in the growth stage corresponding to a cone diameter of 0.5 mm; 5-6 for a cone diameter of 1 mm. The earliest stages lack endoskeletal elements. The apertures are rounded and have a large caliber which is around 0.04 mm. The early growth stages are difficult to recognize, although some sections cutting the apex of the shell almost axially suggest a short spire of half moon-shaped chambers following a simple proloculus.

**Differences and similarities.** *Lepidocoonus chiochinii* differs from *Orbitolinopsis senonicus* Gen-drot (from the Coniacian-Santonian of Martigues, South-east of France) and from *Calveziconus lecalvezzae* Caus & Cornella (from the Campanian of the Southern Pyrenees, North-east of Spain) in their endoskeleton-type, with “cupola” in *O. senonicus* and septula in *C. lecalvezzae*, respectively. *Abrardia mosae* and *A. catalaunica* from Aquitania (South-west France) and Southern Pyrenees, respectively, have an exoskeleton constituted by beams and rafters, instead of only beams. *Paleodictyoconus senonicus* (from the Santonian of the Iberian Ranges) differs from *L. chiochinii* for the greater complexity of its complex exoskeleton (beams and rafters forming a sub-epidermal network). *Falsurgonina parva* (from the Santonian of the Prebetic domain), differs from

#### PLATE I

- Transmitted light microphotographs of *Lepidocoonus chiochinii* gen. n., sp. n. A: Holotype; B-D: Paratypes.
- A - Approximately axial section (non-centered).
- B-D - Slightly oblique transverse sections cutting at different steps of growth (see their position in figure A) and showing the pillar development through the ontogeny.
- E, F, K-N - Slightly oblique section close to the axial plane showing the beams extending deep in the chamber lumen. Note the earliest apical planispiral chambers in F.
- G, H - Oblique sections cutting successive septa.
- I, J, M - Oblique transverse sections.
- A, B: PUAB82524LP01. C: PUAB 82524LP07. D: PUAB 82524LP02. E, J, K: PUAB 82524LP11. F, G: PUAB 82524LP03. H, I, N: PUAB 82524LP06. L: PUAB 82524LP12. M: PUAB 82524LP05.
- b: beam, ch: chamber, ew: external wall, f: intercameral foramina, p: pillar, s: septum.

#### PLATE II

- Transmitted light microphotographs of *Lepidocoonus chiochinii* gen. n., sp. n.
- O, P - Tangential sections parallel to the cone lateral surface, showing the exoskeletal elements aligned from one chamber to the next.
- Q, U - Fragmented tangential sections with the exoskeletal elements.
- R, T - Slightly oblique section close to the axial plane.
- S, V-X, Z-AB - Tangential oblique sections.
- Y - Oblique transverse section.
- O: PUAB 82524LP09. P, Q, W: PUAB 82524LP13. R, V: PUAB 82524LP10. S, AB: PUAB 82524LP12. T: PUAB 82524LP06. U: PUAB 82524LP02. X: PUAB 82524LP08. Y, Z: PUAB 82524LP04.
- b: beam, ch: chamber, ew: external wall, f: intercameral foramina, p: pillar, s: septum.

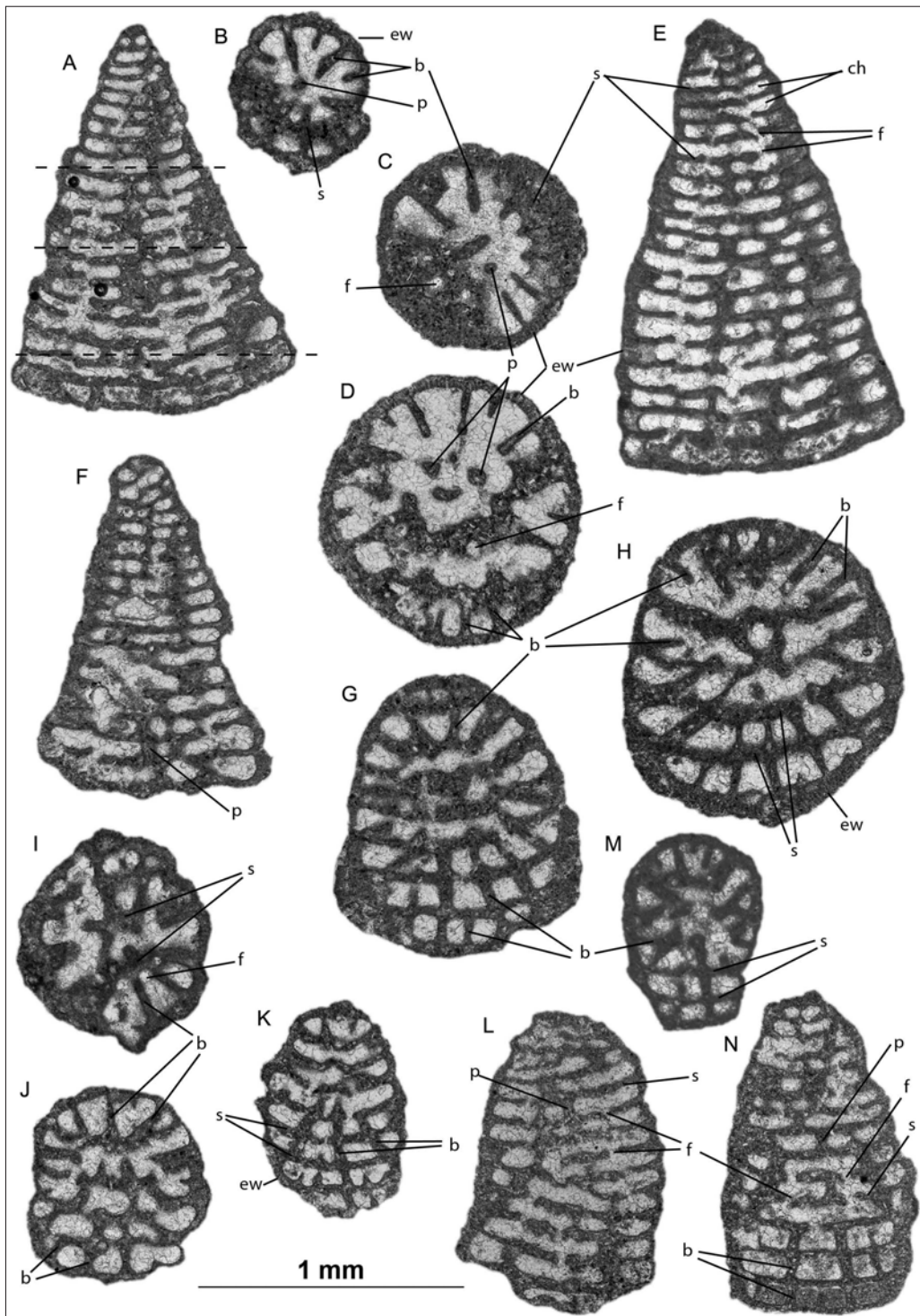


PLATE I

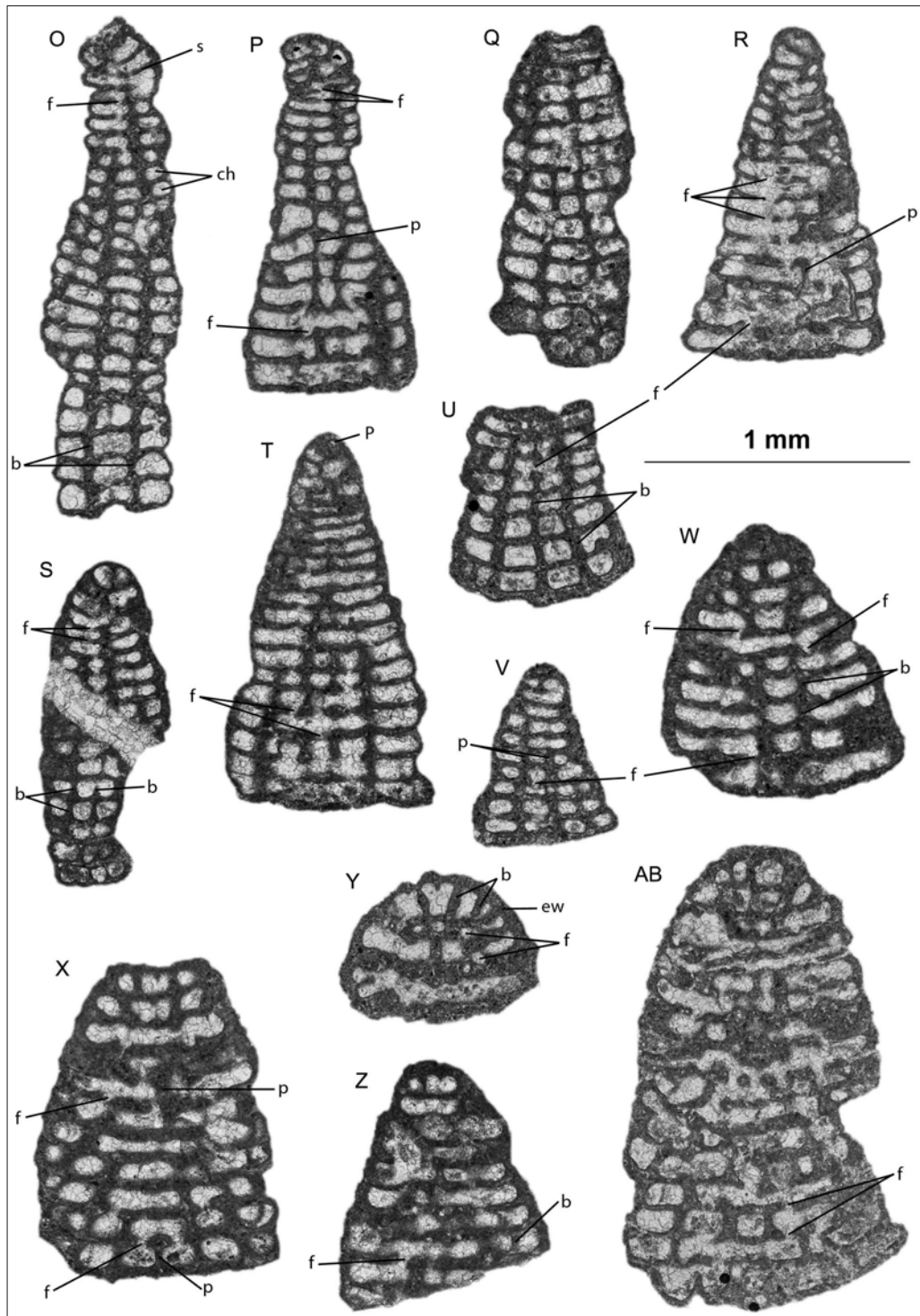


PLATE II

*L. chiochhini* for the endoskeleton made of “cupola”. The recently described *Dictyoconus bakhtiari* from the Tarbur Fm. in the Zagros Mountains (Iran, Schlagintweit et al., 2017) has a complex reticular sub-epidermal exoskeleton like the species attributed to *Dictyorbitolina* and *Pseudorbitolina*.

#### Stratigraphic and geographic occurrence.

Lower Campanian of Central and Southern Italy, Greece and Albania.

## DISCUSSION

The high conical, agglutinated uniserial *Lepinoconus chiochhini* gen. n., sp. n. shears with the Palaeogene American genus *Coleiconus* Hottinger and Drobné the presence of exoskeleton in alcoves (only beams) with a thick pseudo-keriothecal structured wall and a pillared endoskeleton. In contrast, the marginal apertures visible in *Coleiconus* are not present in *Lepinoconus* gen. n. The exoskeleton pattern with deep main beams (and short intercalary beams) in line from one chamber to the next reminds *Coskinolinoides* Keijzer, but this latter genus lacks endoskeletal elements.

*Lepinoconus chiochhini* gen. n., sp. n. is a characteristic component of mudstone-wackestone facies deposited in restricted shallow-water environments. The type-level consists of foraminiferal-calcimicrobial laminated facies with “*Thaumatoporella-Decastronema* association” and crustacean remains (see fig. 4D in Consorti et al. 2017; other examples of this facies are figured in Ruberti & Toscano 2002, fig. 4B, and Schlagintweit et al. 2015, fig. 4C, 5A).

Field correlation suggests that the section studied in this paper corresponds to the upper part of the section of Consorti et al. (2017), which is located only 1.5 km to the south of the section studied in this paper. According to this correlation, the type-level of *L. chiochhini* is younger than the *Keramosphaerina tergestina* level, which was dated by means of strontium isotope stratigraphy as early Campanian (82.09 Ma) in Consorti et al. (2017).

In the studied section, the type-level of *L. chiochhini* coincides with the last occurrence of *Scandonea mediterranea*, which is dated 81.1 Ma in the southern Apennines (Frijia et al. 2015). The distribution of *Lepinoconus chiochhini* gen. n., sp. n. in the Lepini Mountains seems thus to be very narrow. It is bracketed within the *K. tergestina* level and the upper

limit of the *S. mediterranea* subzone, spanning in a range of nearly 1 Ma. This record is only partially in agreement with Luperto Sinni & Richetti (1978), who indicated the stratigraphical distribution of *L. chiochhini* (reported as *Urgonina* sp., *Paracoskinolina* sp. and *Abrardia mosae*; see synonym list in this paper) in the Apulian Platform spanning from the base of *Keramosphaerina* level until the upper part of the *Orbitoides* subzone.

## CONCLUSIONS

A detailed study of the Upper Cretaceous shallow-water platform deposits of Lepini Mountains has provided abundant and well preserved specimens of a new conical, agglutinated, uniserial foraminifer that has been included in the Coskinolinoidea Superfamily. *Lepinoconus chiochhini* gen. n., sp. n. has a typical exoskeleton in alcoves (only beams) with a pseudo-keriothecal wall. The endoskeleton is constituted by irregularly distributed pillars. The new taxon has been found in restricted platform areas with “*Thaumatoporella-Decastronema* association” and crustacean remains. The stratigraphic distribution of *Lepinoconus chiochhini* gen. n., sp. n. in the Lepini Mountains seems to be very narrow (early Campanian). *Lepinoconus chiochhini* gen. n., sp. n. geographical distribution seems to be wide, comprising southern Italy, Greece and Albania.

*Acknowledgements.* The financial support of the Spanish Ministry of “Economía and Competitividad” (projects CGL2012-33160 and CGL2015-69805-P) is gratefully acknowledged. This paper benefits to the valuable comments of F. Schlagintweit (München) and M. Parente (Naples) as well as the careful editorial handling of RIPS editors Lucia Angiolini, Fabrizio Berra and Luca Giusberti.

## REFERENCES

- Accordi B. (1966) - La componente traslativa nella tettonica dell'Appennino Laziale-Abruzzese. *Geol. Rom.*, 5: 355-406.
- Brandano M. & Loche M. (2014) - The Coniacian–Campanian Latium–Abruzzi carbonate platform, an example of a facies mosaic. *Facies*, 60: 489-500.
- Carbone F. & Catenacci V. (1978) - Facies analysis and relationships in Upper Cretaceous carbonate beach sequences (Lepini Mts., Latium). *Geol. Rom.*, 17: 191-231.
- Cardello G.L. & Doglioni C. (2015) - From Mesozoic rifting to Apennine orogeny: The Gran Sasso range (Italy). *Gond. Res.*, 27:1307-1334.
- Caus E. & Cornella A. (1981) - *Calveziconus lecalvezae* n. sp.,

- orbitolinidé Campanien de la bordure méridional des Pyrénées. *Cahiers de Micropal.*, 4: 27-34.
- Centamore E., Di Manna P. & Rossi D. (2007) - Kinematic evolution of the Volsci Range: a new overview. *It. J. Geosc.*, 126: 159-172.
- Chiocchini M. & Mancinelli A. (1977) - Microbiostratigrafia del Mesozoico in facies di piattaforma carbonatica dei Monti Aurunci (Lazio meridionale). *Stud. Geol. Cam.*, 3: 109-152.
- Chiocchini M., Farinacci A., Mancinelli A., Molinari V. & Potetti M. (1995) - Biostratigrafia a foraminiferi, dasicladali e calpionelle delle successioni carbonatiche mesozoiche dell'Appennino centrale (Italia). In: Mancinelli A. (Ed.) - Biostratigrafia dell'Italia centrale, coord. A. Farinacci, Studi Geol. Camerti, vol. speciale 1994(A): 9-128.
- Chiocchini M. & Mancinelli A. (2001) - *Sivasella monolateralis* Sirel and Gunduz, 1978 (Foraminiferida) in the Maastrichtian of Latium (Italy). *Rev. Micropal.*, 44: 267-277.
- Chiocchini M., Chiocchini R.A., Didaskalou P. & Potetti M. (2008) - Microbiostratigrafia del Triassico superiore, Giurassico e Cretacico in facies di piattaforma carbonatica del Lazio centro-meridionale e Abruzzo: revisione finale. In: Chiocchini M. (Ed.) - Ricerche micropaleontologiche e biostratigrafiche sul Mesozoico della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese (Italia centrale). *Mem. Desc. Car. Geol. It.*, 84: 5-170.
- Chiocchini M., Pampaloni M.L. & Pichezzi R.M. (2012) - Microfacies e microfossili delle successioni carbonatiche mesozoiche del Lazio e dell'Abruzzo (Italia centrale) - Cretacico. *Mem. per Serv. Desc. Car. Geol. It.*, 17, 253 pp.
- Chiocchini M. & Pichezzi R.M. (2016) - *Cairoella tricamerata* n. gen., n. sp. (Foraminiferida, Milioloidea) from the lower Cenomanian of Monte Cairo (Southern Latium, Central Italy). *Riv. It. Paleontol. Strat.*, 122(2): 77-84.
- Cosentino D., Cipollari P., Marsili P. & Scrocca D. (2010) - Geology of the central Apennines: a regional review. In: Beltrando M., Peccerillo A., Mattei M., Conticelli S. & Doglioni C. (Eds) - The Geology of Italy: tectonics and life along plate margins *J. Virt. Expl.*, 36, paper 12. Doi:10.3809/jvirtex.2010.00223.
- Consorti L., Frijia G. & Caus E. (2017) - Rotaloidean foraminifera from the Upper Cretaceous carbonates of Central and Southern Italy and their chronostratigraphic age. *Cret. Res.*, 70: 226-243.
- Di Stefano R., Fiorentino A., Marino M. & Perini P. (2011) - Verso uno schema litostratigrafico dell'Appennino meridionale. *Rend. Onl. Soc. Geol. It.*, 12: 59-61.
- Douglas R.C. (1960) - Revision of the family Orbitolinidae. *Micropal.*, 6: 249-270.
- Fleury J.J. (1970) - Le Sénonien et l'Éocène à microorganismes benthoniques du Klokova (zone du Gavrovo, Akurnanie, Grece continentale). *Rev. Micropal.*, 13: 30-44.
- Frijia G., Di Lucia M., Parente M. & Mutti M. (2015) - Carbon and Strontium isotope stratigraphy of the Upper Cretaceous (Cenomanian-Campanian) shallow-water carbonates of southern Italy: Chronostratigraphic calibration of larger foraminifera biostratigraphy. *Cret. Res.*, 53: 110-139.
- Hottinger L. (2006) - Illustrated glossary of terms used in foraminiferal research. *Carnets Géol.*, 126 pp.
- Hottinger L. & Drobne K. (1980) - Early Tertiary imperforate conical foraminifera. *Razprave IV. razr. SAZU.*, 22: 187-276.
- Loeblich A.R. & Tappan H. (1987) - Foraminiferal genera and their classification. University of California, 1970 pp.
- Luperto-Sinni E. & Ricchetti G. (1978) - Studio micropaleontologico-Stratigrafico di una successione carbonatica del Cretaceo Superiore Rilevata nel Sottosuolo delle Murge Sud-Orientali. *Riv. It. Paleontol. Strat.*, 84: 561-666.
- Parotto M. & Tallini M. (2013) - Geometry and kinematics of the Montelanico-Carpineto Backthrust (Lepini Mts., Latium) in the hangingwall of the early Messinian thrust front of the central Apennines: implications for the Apennine chain building. *Ital. J. Geosci.*, 132: 274-289.
- Ruberti D. & Toscano F. (2002) - Microstratigraphy and taphonomy of rudist shell concentrations in Upper Cretaceous limestones, Cilento area (central-southern Italy). *Geobios, Mém. Spéc.*, 24: 228-240.
- Schlagintweit F., Kolodziej B. & Qorri A. (2015) - Foraminiferan-calcimicrobial benthic communities from Upper Cretaceous shallow-water carbonates of Albania (Kruja Zone). *Cret. Res.*, 56: 432-466.
- Schlagintweit F., Rashidi K. & Babadipour M. (2017) - Orbitolinid foraminifera from the late Maastrichtian of the Tarbur formation (Zagros zone, Sw Iran). *Act. Pal. Rom.*, 12: 29-46.
- Vecchio E. & Hottinger L. (2007) - Agglutinated conical foraminifera from the Lower-Middle Eocene of the Trentinara Formation (southern Italy). *Facies*, 53: 509-533.
- Zarcone G., Petti F.M., Cillari A., Di Stefano P., Guzzetta D. & Nicosia U. (2010) - A possible bridge between Adria and Africa: new palaeobiogeographic and stratigraphic constraints on the Mesozoic palaeogeography of the Central Mediterranean area. *Earth-Scien. Rev.*, 103: 154-162.

ANEXO III

Clave de reconocimiento de los géneros de los orbitolinoideos

EXOESQUELETO						
RETICULAR SUBEPIDÉRMICO		ALCOBAS		AUSENTE		
PILARES	<i>Cushmania</i>	<i>Dictyorbitorlina</i>	<i>Carinoconus</i>	<i>Coskinolina</i>		
	<i>Dictyoconus</i>	<i>Rectodictyoconus</i>	<i>Coleiconus ?</i>	<i>Coskinon</i>		
	<i>Paleodictyoconus</i>		<i>Daviesiconus</i>	<i>Urgonina</i>		
	<i>Valdanchella</i>		<i>Fallotella</i>			
			<i>Pseudofallotella</i>			
	<i>Praedictyorbitorlina</i>		<i>Baratolites</i>	<i>Cantabriconus</i>		
			<i>Coskinolinoideos</i>			
			<i>Lepinoconus</i>			
			<i>Paracoskinolina</i>			
		<i>Iraqia</i>	<i>Alpillina</i>	<i>Calveziconus</i>		
TABIQUES	<i>Simplorbitorlina</i>	<i>Conicorbitorlina</i>	<i>Cribellopsis</i>			
	<i>Valserina</i>	<i>Eopalarbitorlina</i>				
		<i>Mesorbitorlina</i>				
		<i>Neorbitorlinopsis</i>				
		<i>Orbitolina</i>				
		<i>Palorbitorlina</i>				
		<i>Palorbitorlinoideos</i>				
		<i>Praeorbitorlina</i>				
		<i>Neoiraqia</i>	<i>Orbitolinopsis</i>	<i>Falsurgonina</i>		
		<b>SIMPLE</b>	<b>COMPLEJO</b>	<b>SIMPLE</b>	<b>COMPLEJO</b>	<b>COMPLEJO</b>
<b>APARATO EMBRIONARIO</b>						
<b>ENDOESQUELETO</b>						
<b>CÚPULAS</b>						

## ANEXO IV

Términos propuestos para la descripción de los principales elementos y estructuras de los orbitolinoideos y su traducción al inglés y francés

<b>TÉRMINO PROPUESTO</b>	<b>TÉRMINO EN INGLÉS</b>	<b>TÉRMINO EN FRANCÉS</b>
Abertura	Aperture	Ouverture
Alcoba	Alcove	Alcove
Alveolo	Alveole	Alvéole
Cavidades alveolares	Pigeon holes	Polygonal alvéole
Cámara	Chamber	Loge
Camarilla	chamberlet	Logette
Cúpula	Cupule	Cupule
Deuteroconcha	Deuteroconch	Deutéroloculus
Embrión	Embryo	Embryon
Endoesqueleto	Endoskeleton	Endosquelette
Epidermis	Epiderm	Épiderme
Estolon	Stolon	Stolon
Exoesqueleto	Exoskeleton	Exosquelette
Foramen	Foramen	Foramen
Lumen	Lumen	Lumière
Peristoma	Peristoma	Peristoma
Prolóculo	Proloculus	Proloculus
Protoconcha	Protoconch	Protoconche
Pilar	Pillar	Pilier
Septo	Septum	Septe/Cloison
Sutura	Suture	Suture
Tabique	Septulum	Cloisonnette
Viga	Beam	Poutre
Vigüecilla	Rafter	Poutrelle





