

# **FORAMINÍFEROS ROTÁLIDOS DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE LA CUENCA PIRENAICA.**



# **FORAMINÍFEROS ROTÁLIDOS DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE LA CUENCA PIRENAICA.**

Tesis doctoral realizada por Carme Boix Martínez 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, Febrero de 2007

Dra. Esmeralda Caus Gràcia

Carme Boix Martínez

Directora de la Tesis

Autora

## RESUMEN

Los foraminíferos rotálidos, poco conocidos y de difícil identificación, empezaron su diversificación a partir del evento de eutrofización global del Cenomaniense- Turoniense. Estos desarrollaron estrategias K de reproducción, dando lugar a un incremento del tamaño de las conchas y produciendo arquitecturas cada vez más complejas.

En los sedimentos del Cretácico Superior de la Cuenca Surpirenaica se han identificado abundantes foraminíferos del grupo de los rotálidos. El estudio detallado de estos ha permitido la identificación de, al menos, nueve formas diferenciadas. Algunas de ellas ya fueron descritas anteriormente en la zona estudiada; otras se citan por primera vez.

Se ha detectado, en los sedimentos del Cenomaniense superior, la presencia de *Rotorbinella mesogeensis*, la cual se ha identificado como el posible progenitor de todos los rotálidos. A partir del Coniaciense superior se produce una explosión de formas, con la aparición de los géneros *Iberorotalia*, *Orbitokathina*, *Pyrenerotalia*, *Pararotalia* y *Rotorbinella*. Otro grupo, representado por el género *Calcarinella* se caracteriza por poseer un sistema de canales envolventes y múltiples aberturas. El único grupo de macroforaminíferos con foramen múltiple en la Cuenca Pirenaica son el grupo de los siderolítidos. Las afinidades de este grupo no son muy claras.

Algunas de estas formas desaparecen al iniciarse la fase compresiva Pirenaica; otras consiguen sobrevivir hasta el Cretácico superior tardío con ligeras modificaciones, tanto de tamaño como de estructuras.

Además de la descripción de estas formas, también se ha definido la extensión biostratigráfica de estos géneros y especies.

## ABSTRACT

The rotaliids, poorly known and difficult to identify, are diversified for the first time in Earth History after the Cenomanian- Turonian eutrophication event and are seen to develop K strategies, dimorphism of generations, increasing its body sizes and producing complex architectures.

In the Upper Cretaceous sediments of South Pyrenean Basin, abundant forms of rotaliid foraminifera have been identified. A detailed study of them has allowed the identification of, at least, nine forms of that group of large foraminifera. Some of them were already described in the studied zone; others are mentioned for the first time.

In the Upper Cenomanian sediments, a small rotaliid has been detected, *Rotorbinella mesogeensis*, that has been identified as the possible ancestor of all the rotaliids. From the Upper Coniacian an explosion of forms takes place, with the apparition of the genus *Iberorotalia*, *Orbitokathina*, *Pyrenerotalia*, *Pararotalia* and *Rotorbinella*. Another group, represented by the genus *Calcarinella*, is characterised by posses an enveloping canal system and multiple aperture. The only larger foraminifera group with multiple foramen in the Pyrenean Basin are the siderolitiids. The affinities with this group are not very clear.

Some of these forms disappear when the compressive phase of the Pyrenees formation starts; other are able to survive until Late Upper Cretaceous developing slight morphological and size modifications.

Further the description of these forms, their biostratigraphical extension of the genus and species described in this work has been defined.

## **NOTA ACLARATORIA**

En la redacción de esta memoria se ha 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. Para ello, y tal 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 PhD diploma. For this reason, and as it stipulates the internal normative of the Universitat Autònoma de Barcelona, part of the PhD thesis must be written in one 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.



*A l'avi Ciscu.  
Tot i l'enyorança que  
sento sé que  
d'una manera o altra  
sempre seràs al meu  
costat.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Parece mentira, pero vuelvo a encontrarme delante de una hoja en blanco para agradecer a todos aquellos que han hecho posible, en mayor o menor medida, la realización de este trabajo. Muchos serán conscientes de ello cuando lean su nombre; otros ni siquiera sabrán en qué me han ayudado. A todos os digo gracias.

A la doctora Esmeralda Caus, por darme la oportunidad de empezar a trabajar con foraminíferos antes, incluso, de terminar mis estudios de licenciatura; por haberme brindado la oportunidad de seguir haciéndolo durante cinco años más en un equipo que ha ido ganando adeptos; por ofrecerme la oportunidad de ver mundo yendo tras la pista de los foraminíferos y, sobretodo, por brindarme su apoyo y confianza a nivel académico y personal.

Al *Professor* Lukas Hottinger, culpable, en parte, de que esta tesis salga a la luz. Por abrirme las puertas de su laboratorio y de su hogar, y resolver con paciencia las dudas que han surgido a lo largo de la realización de este trabajo. A su esposa Monique e hijos, por haberme hecho sentir como en casa.

A mis compañeros doctorandos en la unidad de Paleontología: Vicent, Raquel, Sergi, Luís, Yolanda y Javier. Que deciros... muchas gracias por brindarme vuestra compañía y apoyo; por compartir vuestras risas y hacer oídos sordos a mis malos humores.

A mis otros compañeros de fatigas Gemma, Ferran y Joan, con quienes he compartido tantos buenos ratos. Muchas gracias por estar a mi lado y poder contar siempre con vosotros.

A los profesores de la Unidad de Paleontología de la Universitat Autònoma de Barcelona que me han dado ánimos y ofrecido su ayuda en mis momentos más bajos. A Amelia, de Alcalá, por ayudarme en este trabajo y tener siempre una sonrisa y unas palabras de ánimos.

Y ahora, a aquellos que han estado siempre a mi lado, y me han ofrecido su cariño y comprensión incondicional: mi familia. A mis padres, Jaume y Carmen; a Visi, Araceli y Elías, mis abuelos, y a Francisco, mi *avi*, que no pudo llegar a ver este trabajo terminado; a Silvia, Àngels, Carlos y David, mis tíos; y a mis dos soles, Pol y Marc. Gracias por haber entendido y aceptado mis ausencias de la que este trabajo ha sido, en parte, culpable. Vamos a intentar remediarlo a partir de ahora.

Y a todos aquellos que de una manera u otra han conseguido que esta tesis llegara a su fin, os doy mis más sinceras gracias.

# **INDICE**

<b>I. INTRODUCCIÓN.</b> Objetivos y justificación de estos. ....	1
<b>II. LA CUENCA PIRENAICA.</b> ....	5
<b>A.</b> Fase de Transición. ....	6
<b>B.</b> Fase de Convergencia. ....	7
<b>III. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> ....	9
<b>A.</b> Trabajo de campo ....	9
<b>B.</b> Trabajo de búsqueda e investigación bibliográfica.....	10
<b>C.</b> Trabajo de laboratorio	
<b>a.</b> Preparación de las muestras ....	10
<b>b.</b> Observación y fotografiado ....	12
<b>c.</b> Representación gráfica. ....	12
<b>D.</b> Análisis de los resultados. ....	13
<b>IV. PROCEDENCIA DEL MATERIAL: Posición estratigráfica y paleoambiental.</b> ....	15
<b>A.</b> Pirineos Catalano- Aragoneses ....	17
<b>A1)</b> Unidad Surpirenaica Central.....	17
<b>a.</b> Manto de Bóixols. ....	18
<b>b.</b> Manto del Montsec.....	24
<b>c.</b> Manto de las Serres Marginals.....	30
<b>A2)</b> Unidad Surpirenaica Oriental. ....	33
<b>d.</b> Manto del Pedraforca ....	33
<b>B.</b> Manto del Montgrí. ....	38
<b>C.</b> Pirineos Vasco- Cantábricos ....	40
<b>V. ANTECEDENTES.</b> ....	47



**VI. CARACTERÍSTICAS DE LOS FORAMINÍFEROS PERTENECIENTES A LA FAMILIA ROTALIIDAE: Terminología empleada para su descripción.**

a. Introducción .....	59
b. La pared de la concha .....	60
c. Tipo de crecimiento y estructura de la concha .....	63
d. La estructura cameral .....	66
e. Los elementos endosqueléticos .....	68
f. El esqueleto suplementario. ....	71

**VII. *SYSTEMATIC DESCRIPTION.* .....**77

**VIII. DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA, PALEOAMBIENTAL Y PALEOBIOGEOGRÁFICA. ....**113

**IX. *CONCLUSIONS/ CONCLUSIONES.* ....** 117

**X. BIBLIOGRAFÍA. ....**121

**XI. LÁMINAS. ....**139

**Apéndice I: GLOSARIO:** Breve glosario de la terminología en español utilizada para la descripción de los foraminíferos rotálidos.

# *CAPÍTULO I*

## *Introducción*

## **I. INTRODUCCIÓN: Objetivos y justificación de estos.**

Uno de los retos, no el único, de la Paleontología es establecer escalas biostratigráficas capaces de dar una edad a los materiales de un área determinada, que permita su correlación con otras áreas u otros materiales. Tradicionalmente, tales dataciones y correlaciones biostratigráficas se han basado en la repartición de géneros y/o especies de organismos pelágicos, tales como ammonítidos, foraminíferos planctónicos, nanoplancton calcáreo, radiolarios, etc., los cuales son frecuentes en sedimentos relativamente profundos, pero en la mayoría de los casos faltan en los sedimentos depositados en las plataformas poco profundas. Sin embargo, en las últimas décadas, la necesidad de establecer una edad detallada (estratigrafía de alta resolución) de las rocas formadas en medios neríticos poco profundos, así como la correlación entre este tipo de sedimentos y los sedimentos contemporáneos depositados en áreas más profundas, ha centrado también la atención de la comunidad científica internacional en las áreas neríticas que bordeaban los océanos.

El interés por el establecimiento de biozonaciones de las áreas neríticas llevó, en la década de los noventa, a un grupo de paleontólogos y geólogos de distintos países a constituir un grupo internacional de trabajo, bajo el Programa Internacional de Correlación Geológica (proyectos: IGCP-286 y IGCP-393) y la IUGS (International Union of Geological Sciences), para la construcción de una biozonación a escala global mediante macroforaminíferos de los sedimentos poco profundos del Paleógeno inferior, que permitiera la comparación entre los sedimentos depositados en los distintos medios de plataforma y su correlación con las escalas de organismos pelágicos y magnetostratigrafía. Esta biozonación empezó su andadura teniendo como base las biozonaciones parciales creadas por Hottinger (1974) y Schaub (1981) con alveolínidos y nummulítidos, respectivamente. El resultado de este esfuerzo conjunto fue la creación de 20 biozonas (Serra-Kiel *et al.*, 1998), que cubren el período de tiempo comprendido entre el inicio del Terciario y el final del Eoceno superior, para el área comprendida entre el área atlántica del Tetis y el denominado

“*Lockhartia sea*”; es decir, un área que se extiende desde el litoral atlántico europeo hasta el subcontinente índico. En estas biozonas se abandonó el sistema tradicional de nomenclatura (utilización del nombre del fósil guía) y se empleó una denominación numérica tal y como se actúa en la construcción de biozonas en los foraminíferos planctónicos o nanoplancton. La razón de no utilizar nombres genéricos y/o específicos para designar zonas fue eminentemente práctica. El uso de varios grupos de macroforaminíferos, que viven en hábitats distintos de la plataforma (desde las zonas litorales a las plataformas externas), así como las constantes revisiones taxonómicas a las que están sometidos los géneros y especies, dificultan la estabilidad de la nomenclatura, lo que crea un problema de utilización a los no especialistas.

Las biozonas de macroforaminíferos establecidas se caracterizan por ser zonas compuestas, basadas en asociaciones de géneros y/o especies, tanto concurrentes como mutuamente exclusivas. Cada biozona es designada con las siglas SBZ (iniciales de *Shallow Benthic Zones*) y un número de orden, y corresponde a la Zona de Rango Total (*Total Range Zone*) de algunos taxones de macroforaminíferos, definida a partir de la integración de múltiples datos sobre la primera aparición (*First Appearance*, FA) y la última presencia (*Last Occurrence*, LO) de taxones procedentes de todos los paleoambientes neríticos disponibles.

El éxito alcanzado en la construcción de las SBZ en el Paleógeno inferior, animó nuevamente a finales de los noventa a un grupo de investigadores a promover la construcción de una nueva biozonación, en este caso para los sedimentos del Cretácico superior (KSBZ, donde K significa Cretácico superior), que permita la correlación entre sedimentos pelágicos (caracterizados por la presencia de foraminíferos planctónicos, ammonítidos y nanoplancton) con los sedimentos neríticos que presentan macroforaminíferos. Este trabajo se lleva a cabo, por parte del grupo de investigadores españoles en los proyectos BTE2000-0158 y BTE2003-04101, en el seno de los cuales se ha realizado la presente tesis.

Sin embargo, el estado inicial de los conocimientos para el Cretácico superior distaba mucho del estado inicial de los trabajos previos del Paleógeno. Solamente existían biozonaciones parciales con algunos grupos y entre ellas la

correlación no era clara; entre estas destacan las biozonaciones de pseudorbitoídeos (Krijen, 1972) para el área americana y orbitoídeos (van Hinte, 1976; Caus *et al.*, 1996), lepidorbitoídeos (van Gorsel, 1978) y siderolítidos (Wannier, 1983) para el área europea (fig. 1.1). Además, el problema surge para el Cretácico superior más bajo, ya que los grupos de macroforaminíferos anteriormente nombrados no aparecen en el registro fósil hasta el Santoniense superior- Campaniense. No obstante, existe un grupo de foraminíferos, **los rotálidos**, cuya aparición se sitúa en la base del Cretácico superior y que están presentes en todos los medios neríticos, desde las zonas litorales hasta el límite inferior de la zona fótica (límite en el que los simbiontes que contienen pueden reproducirse), que presentan una gran diversidad de morfologías y que evolucionaron rápidamente, lo que dio lugar a reemplazamientos de géneros y/o especies en cortos espacios de tiempo, y que les convierte en una potencial herramienta para el establecimientos de las biozonaciones antes indicadas.

Edad	VAN HINTE 1976	VAN GORSEL 1978	WANNIER 1983	CAUS <i>et al.</i> 1996
MAAS				<i>O.gruenbachensis</i>
CAMPANIENSE	<i>O. megaliformis</i>	<i>L. bisambergensis</i>		<i>O.megaliformis</i>
	<i>O. media</i>	<i>L. campaniensis</i>	<i>Praesiderolites dordonensis</i>	<i>O.media</i>
	<i>O. tissoti</i>	<i>L. pembergeri</i>	<i>Praesiderolites douvillei</i>	<i>O.tissoti</i>
	<i>O. douvillei</i>			<i>O.douvillei</i>
SANTONIENSE	<i>O. hottingeri</i>		<i>Praesiderolites santoniensis</i>	<i>O.hottingeri</i>

Figura 1.1. Tabla en la que se representan las biozonaciones previas para el Cretácico superior con orbitoídeos (van Hinte, 1966; Caus *et al.*, 1996), lepidorbitoídeos (van Gorsel, 1978) y siderolítidos (Wannier, 1983).

Pero la utilización de los rotálidos no estaba exenta de problemas: las estructuras internas de las formas cretácicas eran, en general, mal conocidas, la sucesión estratigráfica de los rotálidos en este período de tiempo no contrastada y la mayoría de especies descritas mediante las características externas no coincidían con las descritas mediante las características internas, lo que en algunos casos creó dualidad de especies. Además, en un trabajo anterior (Boix, 2004), realizado para la obtención del DEA (Diploma de Estudios Avanzados), ya se puso de manifiesto las carencias bibliográficas existentes para este grupo de foraminíferos del Cretácico.

Ante este estado de conocimiento existente, **el objetivo fundamental de este trabajo ha sido el reconocimiento de las estructuras de los rotálidos cretácicos de la Cuenca Pirenaica y el establecimiento de unos criterios válidos para la clasificación de los géneros y especies identificados, así como el establecimiento de su sucesión estratigráfica.**

Los motivos de haber escogido la Cuenca Pirenaica para la realización del estudio son diversos: la existencia de trabajos previos que garantizaban la presencia de rotálidos y el control estratigráfico y paleoambiental de cada una de las muestras que los contienen; la realización en la misma cuenca de trabajos paralelos con otros grupos de fósiles, lo que permite un mutuo control sobre su distribución; y tratarse del área más occidental del Tetis atlántico-mediterráneo y, por tanto, ser la más proclive a tener elementos comunes con el Tetis caribeño, lo que facilitaría el establecimiento de una biozonación global.

## *CAPÍTULO II*

### *La Cuenca Pirenaica*

## II. LA CUENCA PIRENAICA

La Cuenca Pirenaica se extendía, durante el Cretácico superior, desde el *off-shore* de Galicia por el oeste, hasta el *Bassin de Beausset* en las cercanías de Marsella por el este. Formaba un surco estrecho y profundo, de dirección NW-SE, abierto hacia el Océano Atlántico (Golfo de Vizcaya) (fig. 2.1), en cuyos márgenes se desarrollaron extensas plataformas poco profundas, carbonatadas y/o terrígenas donde los macroforaminíferos en general, y los rotálidos en particular, encontraron un medio propicio para su desarrollo y diversificación.

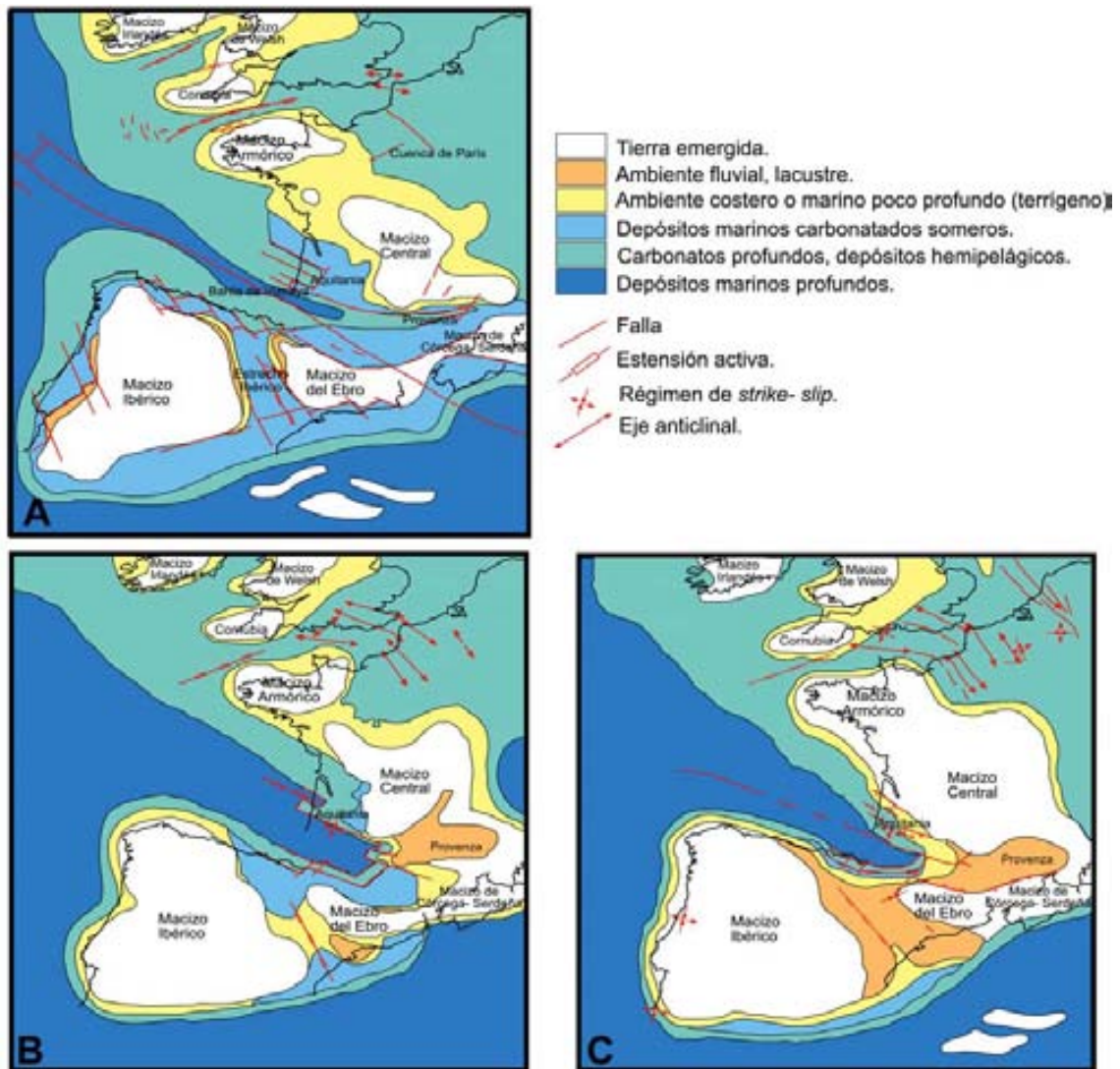


Figura 2.1. Mapas paleogeográficos en el que puede observarse la evolución de la Cuenca Pirenaica. A: Cenomaniense tardío (94,7- 93,5 Ma); B: Campaniense inferior (83- 80,5 Ma); C: Maastrichtiense tardío (69,5- 65 Ma). Modificados de Decourt *et al.* (2000).



El Cretácico superior de la Cuenca Pirenaica, desde un punto de vista tectosedimentario, está constituido por dos ciclos que representan, respectivamente, una fase de transición y una fase de convergencia (Berástegui *et al.* 2002). La fase de Transición comprende el intervalo de tiempo Cenomaniense medio- superior al Santoniense inferior-medio, mientras la fase de Convergencia abarca desde el Santoniense medio-superior al Maastrichtiense.

### **Fase de Transición**

Los sedimentos depositados durante esta fase heredaron parcialmente del Cretácico inferior tanto la orientación de la cuenca como su perfil, aunque se extendieron mucho más hacia el sur y norte, cubriendo discordantemente los depósitos previamente depositados. Durante este período se produjo una subsidencia homogénea y moderada en la cuenca, relacionada con la contracción termal de la litosfera. En las áreas poco profundas de los márgenes de la cuenca se desarrollaron y estabilizaron extensas plataformas, mientras que los terrígenos finos, carbonatos y/o brechas caracterizaron las áreas más profundas de plataforma abierta, talud y cuenca.

En el inicio de este ciclo, durante el Cenomaniense medio-superior, los márgenes continentales de la Cuenca Pirenaica fueron inundados por una importante transgresión de origen atlántico, que se manifestó en áreas poco profundas con el depósito de carbonatos someros discordantes sobre los materiales anteriormente depositados. Estos sedimentos carbonatados están constituidos principalmente por calizas micríticas y/o bioclásticas donde predominan los foraminíferos de textura porcelanada y aglutinada; se conocen informalmente como "Calizas con praealveolinas". Es precisamente en estas facies donde aparecen los primeros rotálidos. En áreas más profundas la sedimentación fue continua desde el Cretácico inferior y estuvo caracterizada por depósitos principalmente margo-arcillosos con abundantes foraminíferos planctónicos (rotalipóridos) y ammonítidos. En áreas próximas a la falla norpirenaica tuvo lugar una importante sedimentación turbidítica, que se depositó sobre el denominado *flysch noir* de edad Albiense-Cenomaniense inferior.

En toda la Cuenca Pirenaica los sedimentos situados inmediatamente encima de las “Calizas con praealveolinas” están constituidos por calizas micríticas con gran cantidad de calcisféridos, algunos foraminíferos planctónicos y fragmentos de equinodermos. La presencia de calcisféridos ha sido interpretada como producto de una intensa productividad primaria en la superficie oceánica. Esta intensa productividad ligada a la existencia de abundantes nutrientes en la cuenca habría dado lugar a un fenómeno de eutrofización de las aguas, que se habría manifestado con la sedimentación de depósitos anóxicos en áreas profundas y un hiato en áreas de plataforma poco profunda (Caus *et al.*, 1993; Caus *et al.*, 1997). Este hiato, que fue debido al cese de la producción carbonatada por desaparición de los organismos productores de carbonato, abarca en las áreas más internas de la plataforma desde el Cenomaniense más alto hasta el Turoniense inferior?-medio. En áreas más profundas continuó el mismo tipo de sedimentación que en el intervalo anterior.

En el Turoniense medio y superior las condiciones de eutrofización del intervalo anterior decrecieron progresivamente y los organismos bentónicos recolonizaron poco a poco el medio nerítico, restableciendo unas condiciones de sedimentación similares a las que hubo durante el Cenomaniense superior, aunque localmente con un mayor aporte terrígeno. Esta situación se mantuvo hasta el Santoniense medio y dio lugar, a partir principalmente del Coniaciense superior, al desarrollo de importantes plataformas carbonatadas o mixtas que favorecieron nuevamente el desarrollo de los macroforaminíferos y su diversificación; aparecen nuevos géneros y/o especies de macroforaminíferos aglutinados, entre los porcelanados adquieren importancia los miliólidos trematoporados y, entre los lamelar perforados, en los que se incluyen los rotálidos, se adquiere una gran complejidad estructural. La sedimentación en áreas profundas está caracterizada por depósitos ricos en foraminíferos planctónicos, ammonítidos e inocerámidos, principalmente.

### **Fase de Convergencia**

En el intervalo de tiempo Santoniense superior- Maastrichtiense el margen norte de la Placa Ibérica se transforma en un margen convergente, lo

que provoca un cambio en toda el área ocupada actualmente por los Pirineos. En sus inicios los cambios no fueron importantes, pero progresivamente la cuenca se vio afectada por la propagación de la compresión, dirigida hacia el W (Choukroune, 1976), lo que si provocó cambios importantes en su geometría y en el tipo de depósitos.

Durante el Santoniense superior y Campaniense inferior- medio, en las áreas poco profundas del área pirenaica, la respuesta al cambio estructural fue el desarrollo de extensas plataformas carbonatadas o mixtas en áreas situadas más al sur y norte, respectivamente, que las ocupadas por el mar pirenaico durante la fase anterior. En ambos márgenes de la cuenca tuvo lugar la máxima extensión de las plataformas, lo que se reflejó en un importante desarrollo de los macroforaminíferos; están presentes la mayoría de foraminíferos aglutinados aparecidos a finales de la fase anterior, continuó la diversificación de los miliólidos trematoporados y la aparición de nuevas formas de foraminíferos lamelar perforados, entre ellos los foraminíferos orbitoidiformes y los siderolítidos (foraminíferos con un sistema de canales marginal- envolvente). Mientras, los rotálidos ganan también diversificación con la aparición de nuevos géneros. En áreas profundas los sedimentos fueron de tipo margo- arcillosos con foraminíferos planctónicos, ammonítidos e inocerámidos, mientras que en los surcos creados por la rápida subsidencia se depositaron turbiditas siliciclásticas.

A partir del Campaniense medio, y con la acentuación de la convergencia, el área ocupada actualmente por los Pirineos resultó modificada en toda su amplitud. En áreas situadas al sur y este tuvo lugar una generalizada somerización que culminó con la sedimentación de los depósitos continentales de facies Garumnienses del límite Cretácico- Terciario. En las áreas situadas al oeste, la sedimentación turbidítica iniciada en la fase anterior continuó hasta el Maastrichtiense; en esta área el límite Cretácico-Terciario se sitúa en sedimentos marinos profundos, pero evidencias paleontológicas sugieren un hiato entre ambos períodos. Los rotálidos están presentes en todos los medios de plataforma poco profunda, carbonatados y terrígenos, e incluso en los medios parálcos, con el género *Laffiteina*.

## *CAPÍTULO III*

# *Metodología de Trabajo*

### III. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La realización del trabajo presentado ha comportado varias etapas: A) trabajo de campo, B) trabajo de búsqueda e investigación bibliográfica, C) trabajo de laboratorio y D) análisis de los resultados.

#### A) Trabajo de campo

En la realización de este estudio se ha trabajado mayoritariamente con material recogido en el margen Surpirenaico, aunque se ha comparado con material procedente de otras áreas. La comparación de las estructuras de los foraminíferos rotálidos cretácicos ha hecho necesario la utilización de material de otros períodos geológicos: parte del material ha sido recogido por la autora del trabajo y parte forma parte de la colección de la Universidad Autónoma de Barcelona. El material del Paleógeno ha sido recogido en las salidas de campo realizadas entre los años 1986- 2000 dentro de los proyectos IGCP-286 y IGCP-393 del Programa Internacional de Correlación Geológica y parte corresponde a material cedido por el *Professor* Lukas Hottinger, del Museo de Historia Natural de Basilea (Suiza).

En la Zona Surpirenaica se realizaron numerosas secciones estratigráficas, generalmente parciales, para cubrir todos los niveles estratigráficos, del Cenomaniense al Campaniense inferior, y todos los medios de depósito susceptibles de contener rotálidos. De las muestras en las que se identificó mayor riqueza de rotálidos se realizaron nuevas campañas para la recogida puntual de muestras, ya que, gracias a las columnas estratigráficas de detalle realizadas previamente, estas estaban situadas con gran precisión. De cada muestra, aparte de los rotálidos, se hizo un inventario del resto de fauna, con objeto de conocer, de la manera más precisa posible, la edad y el medio de depósito. La posición o intervalo de distribución de los diferentes rotálidos estudiados, así como los principales grupos de foraminíferos u otro tipo de fauna, se indica en las columnas esquemáticas (véase capítulo IV: Procedencia del material).

## **B) Trabajo de búsqueda e investigación bibliográfica**

Durante la realización de este trabajo, ha quedado patente la escasa bibliografía existente sobre los rotálidos, acentuada si nos referimos a los rotálidos del Cretácico superior. A este déficit de literatura se le añade las confusas descripciones de ciertos autores, que basan sus descripciones únicamente en caracteres externos de la concha, haciendo muy complejo el reconocimiento de estos géneros en lámina delgada. Cabe añadir que la confusión es máxima al comparar estructuras de foraminíferos rotálidos descritas por autores distintos, ya que cada autor, a falta de un consenso y, muchas veces, debido al desconocimiento funcional de las estructuras, otorga nombres distintos a una misma estructura o, por el contrario, utilizan un mismo nombre para describir estructuras totalmente distintas.

En el capítulo de antecedentes se dan los principales trabajos sobre rotálidos y, previamente a la sistemática, se explican las características de los rotálidos y el significado de cada una de las estructuras utilizadas en la descripción de los géneros y especies. Además, se ha añadido un apéndice con un pequeño glosario con las definiciones en español de las estructuras básicas en los foraminíferos rotálidos.

## **C) Trabajo de laboratorio**

### **a. Preparación de las muestras.**

Ha consistido en el lavado de muestras disgregables para la obtención de individuos sueltos. Estas fueron levigadas utilizando las técnicas convencionales: se trataron con Peróxido de Hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 33% (100 Vol.), y se tamizaron mediante tamices de luz 0,35 y 0,21. De cada muestra obtenida se seleccionaron los foraminíferos con la ayuda de una lupa binocular. Algunas veces, y debido a la persistencia de partículas margosas pegadas en las paredes externas de los foraminíferos, estos fueron introducidos en una probeta con agua y sometidos a ultrasonidos.

Para el estudio de los rotálidos, se escogieron los menos dañados y se fotografiaron externamente con luz incidente mediante la ayuda de una lupa

binocular (Leica Z16 APO). Se realizó una vista de la cara ventral y otra de la cara dorsal. Debido al pequeño tamaño de algunas de las formas, el detalle de la superficie externa ha resultado bastante pobre. Para un mejor reconocimiento de las estructuras internas se realizaron, con individuos aislados, secciones orientadas. Para ello se utilizaron portaobjetos de vidrio, previamente pulida una de sus caras con carborundo para aumentar su adherencia. A continuación se describe la técnica empleada: los portaobjetos se calientan con ayuda de una plancha metálica y se colocan encima del bálsamo cristalizado, que se funde con el calor (Fig. 3.1A). Inmediatamente se retira de la plancha y se coloca el foraminífero encima del bálsamo en la posición que se desea seccionar (Fig. 3.1B). Utilizando carborundo de granulometría fina (grano 1200, 3 micras) se pule el foraminífero hasta la sección deseada y calentado otra vez la muestra hasta reblandecer el bálsamo, se da la vuelta al foraminífero y se pule la otra mitad (Fig. 3.1C y D). Debe controlarse, con observaciones continuas en el binocular, que no se pule en exceso la muestra. Finalmente, cuando se ha obtenido el grueso deseado, se cubre el foraminífero con un cubreobjetos impregnado con Bálsamo de Canadá.

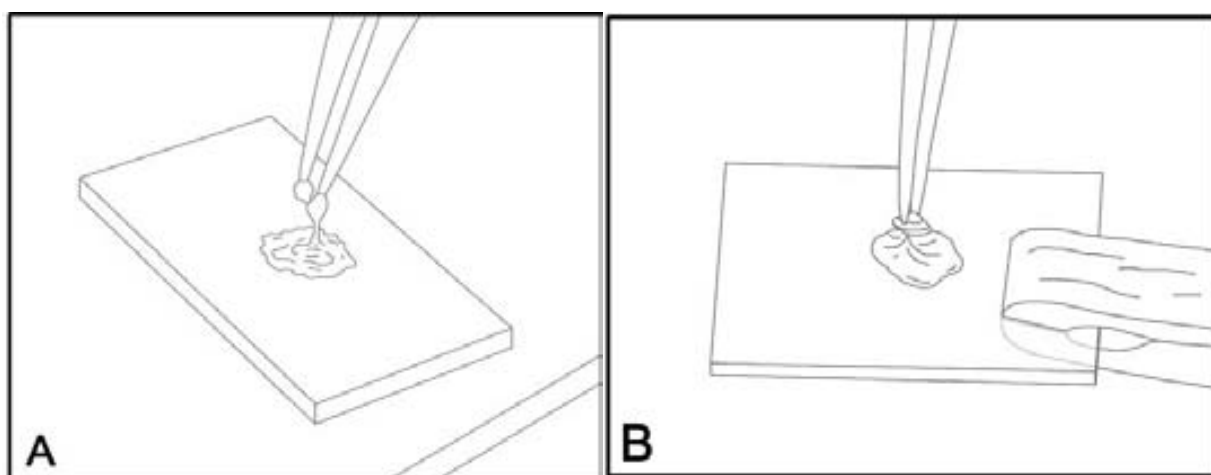
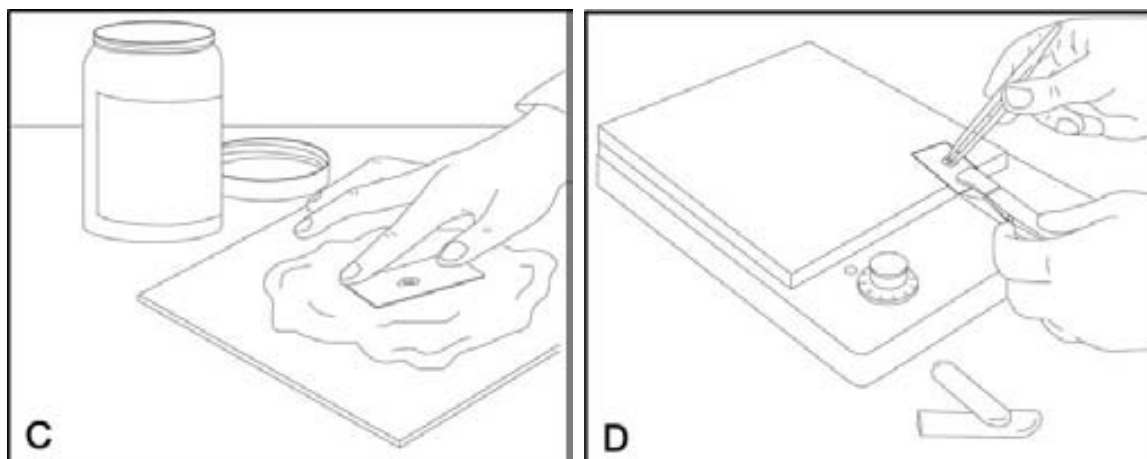


Figura 3.1: Preparación de secciones orientadas de macroforaminíferos: A) Colocación de un cubreobjetos sobre la plancha caliente, y fusión del bálsamo; B) Retirada del portaobjetos con ayuda de unas pinzas, y colocación del foraminífero a seccionar; (página siguiente) C) Una vez recristalizado el bálsamo, se secciona el foraminífero por abrasión, utilizando carborundo en grano; D) Se calienta otra vez el cubreobjetos y se da la vuelta al foraminífero, para pulir la otra mitad.



En aquellas rocas que no se han podido disgregar se ha recurrido a la confección de láminas delgadas.

b. Observación y fotografiado. Parte de las fotografías de las láminas delgadas y organismos aislados se realizaron con un binocular Wild Photomakroskop M400, utilizando carretes en blanco y negro, y escaneando los negativos previamente revelados con un escáner de Nikon Super Coolscan 4000 ED. Otras se han realizado con un binocular Leica Z16 APO, conectado a una cámara digital Leica DFC 320.

La utilización de un sistema de fotografía digital facilita el trabajo a realizar, ya que se puede disponer de un gran número de fotografías en poco tiempo y visualizarlas inmediatamente en el ordenador para observar las estructuras o detalles de las mismas a gran aumento.

c. Representación gráfica. Algunas de las secciones de rotálidos fueron dibujadas para su mejor reconocimiento e identificación de estructuras. Para ello se utilizó una cámara blanca Leica, Modelo Pradovit P2002. Estos dibujos fueron posteriormente tratados con el programa de tratamiento de imágenes Adobe Photoshop, e impresas en láminas para su comparación. Se han utilizado escalas de 12,5X para las formas de gran tamaño, principalmente los representantes de generaciones microséricas. Para formas menores se han utilizado escalas de 25X, 50X y 100X; los detalles se presentan a 200X.



## **D) Análisis de los resultados**

Los foraminíferos rotálidos se han identificado a nivel genérico y específico. Se ha llegado a la clasificación de 6 géneros (3 de ellos nuevos) y 7 especies (3 de ellas descritas por primera vez). Una de las formas se ha dejado en nomenclatura abierta a nivel específico (bajo la forma *spp.*). Los géneros cretácicos descritos y/ o identificados se han comparado con formas Paleógenas y recientes.

## *CAPÍTULO IV*

*Procedencia del Material: Posición  
estratigráfica y paleoambiental.*

#### **IV. PROCEDENCIA DEL MATERIAL: POSICIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL**

Las plataformas generadas en los márgenes de la Cuenca Pirenaica, como consecuencia de la interacción entre las placas Ibérica y Europea (orogénesis Alpina, Campaniense medio- Oligoceno) que dio lugar a los Pirineos, fueron plegadas, fracturadas y desplazadas de su lugar de origen varios kilómetros, hacia el norte y sur, respectivamente. En la actualidad, los sedimentos que constituían tales plataformas forman parte de diversas unidades tectónicas pirenaicas, separadas por decenas de kilómetros y muchas veces no relacionadas con las unidades vecinas.

En líneas generales, los Pirineos son una cadena montañosa con doble vergencia, norte y sur respectivamente, que se extiende a lo largo de más de 1500 kilómetros, desde el este de los Alpes hasta el NW de la Península Ibérica. La Cordillera Pirenaica está flanqueada, sur y norte, por dos cuencas de ante-país, la Cuenca del Ebro y la Cuenca de Aquitania respectivamente (fig. 4.1). Desde un punto de vista geológico los Pirineos han sido divididos clásicamente en dos unidades estructurales principales: A) los Pirineos Catalano-Aragoneses, que a su vez se dividen en tres ramas: occidental, central y oriental, y B) los Pirineos Vasco-Cantábricos, divididos a su vez en una rama vasca y otra cantábrica; el límite entre ambas unidades (A y B) se sitúa en la denominada “falla de Pamplona” (véase fig. 15.4 en Muñoz, 2002).

Ante la gran extensión que presentan los sedimentos del Cretácico superior pirenaico, para la realización del presente trabajo se han escogido unas pocas áreas o unidades tectónicas, y ello se ha hecho en base a las siguientes razones:

1. La presencia de estudios previos que han puesto de manifiesto la existencia de abundantes rotálidos cretácicos, o citas bibliográficas consideradas importantes para el estudio de tales rotálidos.

2. La existencia de buenos afloramientos, que permiten el seguimiento de los estratos lateralmente.

3. La escasa deformación interna en el seno de las unidades tectónicas, que permite la realización de secciones estratigráficas bastante completas.

4. Las condiciones paleoambientales de las plataformas poco profundas cretácicas, consideradas favorables al desarrollo de los macroforaminíferos en general y de los rotálidos en particular.

5. La posibilidad de correlación entre los depósitos que contienen rotálidos y aquellos más profundos que contienen foraminíferos planctónicos, ammonítidos y/o inocerámidos.



Figura 4.1. Mapa geológico general del extremo nororiental de la Península Ibérica, en el que se ha señalado la posición de las secciones realizadas: A) Sección Serres Marginals (El Coscoll); B) Sección Montsec (Desfiladero de Terradets); C) Sección Manto de Bóixols; D) Sección Pedraforca 1 (Santuari de Gresolet) y Sección Pedraforca 2 (Rasos de Peguera); E) Unidad del Montgrí, F) Sección Monte Obarenes y Sección de Para a Torme. Modificado de Floquet, 1991.

En consecuencia, se han escogido las ramas central y oriental de los Pirineos Catalano-Aragoneses y, solamente de manera esporádica, se han realizado secciones y considerado el material recogido en la Cordillera Cantábrica,

en el área del Montgrí o en Martigues (cercañas de Marsella, Francia). A continuación se describen de manera somera las unidades estudiadas.

### A) Pirineos Catalano-Aragoneses.

En esta gran unidad tectónica el estudio se ha centrado en: A1) La rama central, que ha recibido las denominaciones de “Unidad Surpirenaica Central” (Seguret, 1972) o “Unidad de Mantos Superiores” (Muñoz *et al.*, 1984; “Central Pyrenees” en Muñoz, 2002), que comprende, de norte a sur, los mantos de Bóixols, Montsec y Serres Marginals, y en A2) La rama oriental (“Eastern Pyrenees” en Muñoz, 2002), que comprende los mantos del Pedraforca y el Cadí.

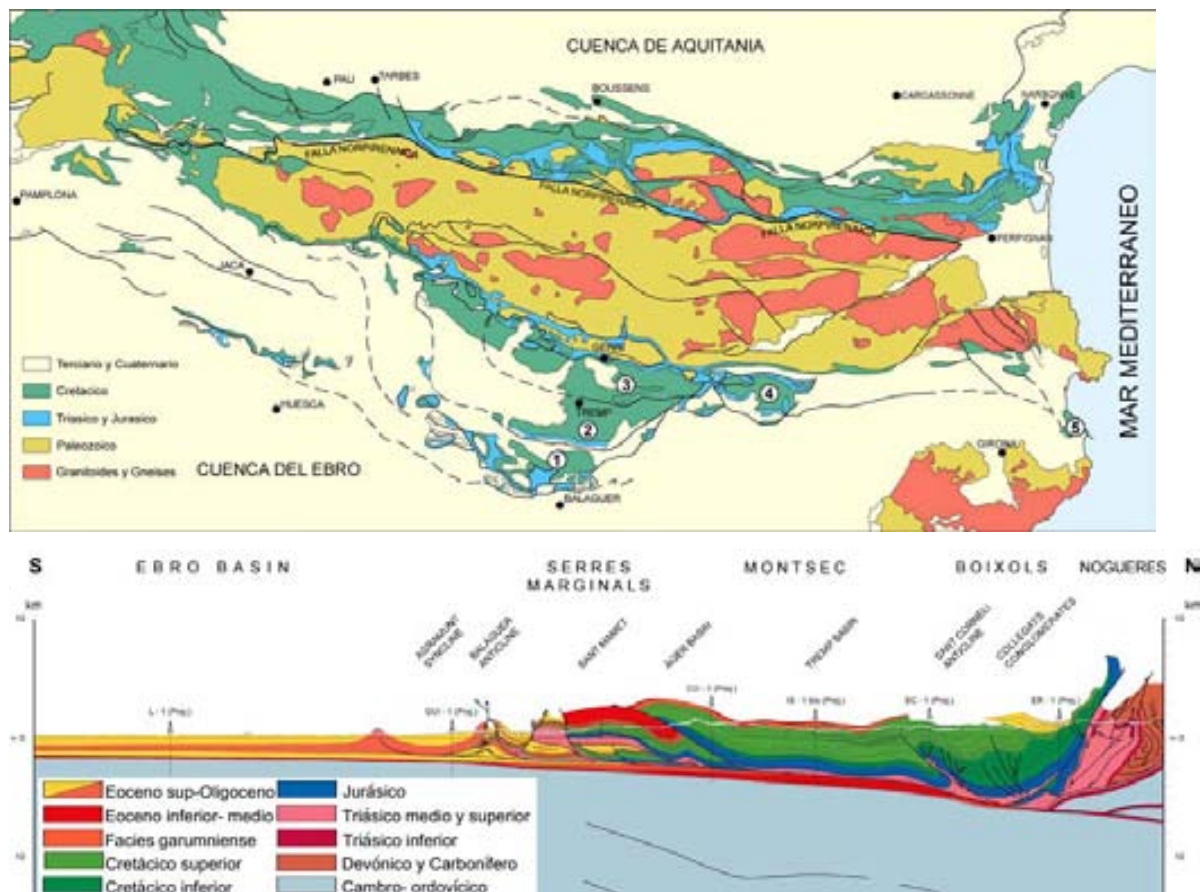


Figura 4.2. Mapa geológico general de los Pirineos Catalano- Aragoneses. En la vertiente sur se han señalado las unidades estudiadas. 1) Manto de las Serres Marginals; 2) Manto del Montsec; 3) Manto de Bóixols; 4) Manto del Pedraforca; 5) Unidad del Montgrí. Escala 1: 5000000. Perfil ECORS, en el que se observa la disposición de los mantos de corrimiento pertenecientes a la Unidad Surpirenaica Central (Berástegui *et al.* 2002,1993 respectivamente).

### **A1). Unidad Surpirenaica Central**

La Unidad Surpirenaica Central comprende tres mantos imbricados que, de norte a sur, son Bóixols, Montsec y Serres Marginals, y cuyo despegue tuvo lugar a partir de los materiales plásticos (evaporitas) del Triásico superior (fig.4.2).

#### **a) Manto de Bóixols.**

El emplazamiento del citado manto tuvo lugar durante el período de tiempo Santoniense superior- Maastrichtiense, por lo que los materiales del ciclo superior (fase de convergencia) están afectados por discordancias progresivas. Los rotálidos estudiados, correspondientes principalmente al ciclo de sedimentación inferior, proceden del extremo oeste del anticlinal de Sant Corneli- Bóixols (figuras 4.1 y 4.2). La asignación de los materiales a las unidades litoestratigráficas formalmente definidas resulta difícil al desplazarse hacia el este u oeste, por lo que en este trabajo, aunque refiriéndose a ellas, se utilizan de una manera informal e incluso con categoría distinta a la considerada por los autores con objeto de facilitar la comprensión y comparación con las unidades utilizadas en otros trabajos de índole regional (Simó 1985, 1986; Simó *et al.*, 1985). De la base al techo, estas unidades son:

#### **Calizas con praealveolinas o Fm Calizas de Santa Fe (Mey *et al.*, 1968)**

**p.p.** Unidad que descansa discordantemente sobre los sedimentos margoarcillosos de la Fm Llusaà (Mey *et al.*, 1968), de edad Albiense. Es una formación presente en ambos flancos del anticlinal de Sant Corneli- Bóixols y está constituida por calizas micríticas y/o bioclásticas con gran cantidad de foraminíferos, entre los que destacan los alveolínidos y los foraminíferos aglutinados complejos. La presencia de *Praealveolina tenuis* y *P. simplex* junto a *Ovalveolina ovum* indica para los sedimentos de esta unidad una edad Cenomaniense medio?-Cenomaniense superior (Calonge *et al.*, 2002). Se interpreta depositada en un medio de plataforma poco profunda.

Los rotálidos son escasos, de pequeño tamaño y representados únicamente por un taxón: *Rotorbinella mesogeensis*.

**Calizas con pitonellas o Fm Calizas de La Pardina (Caus et al., 1993).** Está constituida por calizas micríticas grises con foraminíferos planctónicos, calcíferas y abundantes fragmentos de equinodermos, que descansan mediante una paraconformidad sobre la formación anterior. Está presente en ambos flancos del anticlinal y los sedimentos que la constituyen han sido interpretados como depositados en una plataforma abierta, de edad Turoniense medio y superior (zonas de *Helvetoglobotruncana helvetica* y *Marginotruncana schneegansi*).

Esta formación carece de rotálidos.

**Calizas y calizas margosas de Cal Trumfo o Fm Calizas de Cal Trumfo (Gallemí et al., 1982, 83).** Esta unidad, que forma la parte más alta de la Sierra de Carreu, está constituida por calizas masivas de color gris claro con algunos niveles intercalados de margocalizas. La litología es constante en ambos flancos del anticlinal. Entre la macrofauna se observan caprínidos y algunos fragmentos de ammonítidos. Esta unidad, depositada en un medio de plataforma abierta, se considera equivalente, total o parcialmente, a la **Fm Reguard (Mey et al., 1968)**, descrita más hacia el oeste, en el valle del río Flamicell. La edad de esta última formación es Turoniense superior (zona de *M. schneegansi*, Gómez-Garrido 1981, 87).

En los materiales de la parte superior de esta unidad se han encontrado algunos fragmentos de rotálidos de pequeño tamaño (*Rotorbinella sp.*), pero la falta de buenas secciones ha impedido su identificación específica. Cabe destacar

## Sección Manto de Bóixols

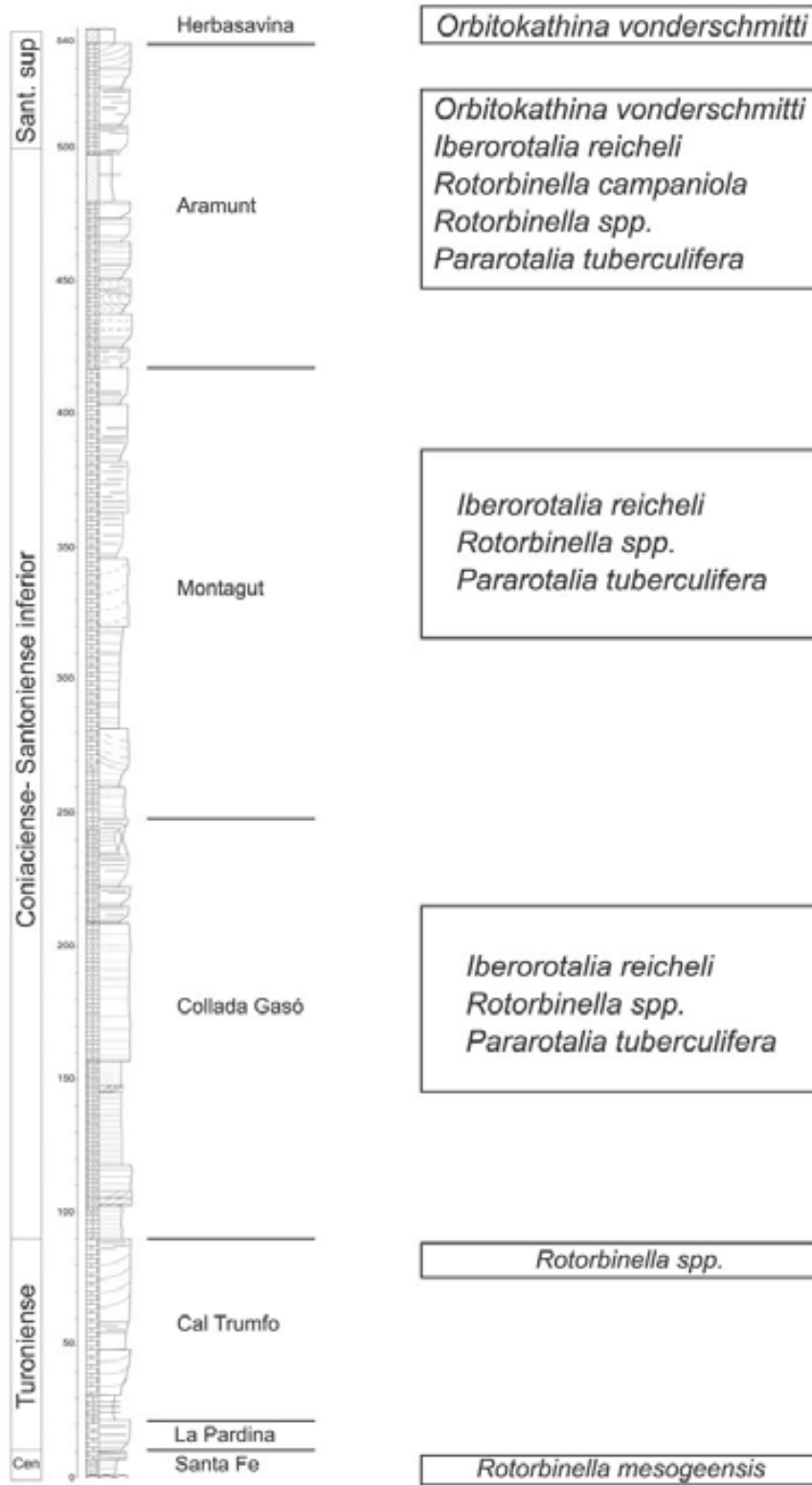


Figura 4.3: Sección del Manto de Bóixols, en la que se representan las asociaciones de rotálidos.



que, en su conjunto, los foraminíferos son escasos, habiéndose identificado únicamente algunas secciones del género *Cuneolina*, de pequeño tamaño.

**Calcarenitas de Collada Gassó o Formación Collada Gassó (Gallemí et al., 1982, 83).** Consiste en calcarenitas grises con pátina marrón ú ocre, en estratos generalmente decimétricos separados por juntas margosas, lo que le da un aspecto ondulado muy característico. En el campo es una unidad fácil de diferenciar de la anterior por la tonalidad de sus materiales. Entre los fósiles que contiene destacan los briozoos, foraminíferos, gasterópodos, equínidos, ostreidos, etc. La edad de la formación es imprecisa (Coniaciense inferior?) y se considera depositada en un medio nerítico poco profundo. Es una unidad presente en los dos flancos del anticlinal. La relación entre esta unidad y la **Fm Congost (Mey et al., 1968)**, desarrollada sobre la Fm Reguard en el valle del río Flamicell no es clara.

Los rotálidos están presentes en esta formación, aunque no de manera abundante. Se ha identificado *Rotorbinella* sp., pequeñas formas que podrían corresponder a *Iberorotalia reicheli* y, en la parte superior de la formación, aparecen los primeros representantes del género *Pararotalia*.

**Calizas y calizas margosas de Montagut o Mb Montagut de la Fm Sant Corneli (Gallemí et al., 1982, 83) y Mb Coll de Jovell de la Fm Abella.** Esta unidad forma el núcleo visible del anticlinal de Sant Corneli y está constituida por calizas masivas grises que alternan con biocalcarenitas y calizas margosas de aspecto nodulosos. El contenido paleontológico es importante: predominan los rudistas, gasterópodos, equinodermos y escasos ammonítidos, que indican una edad Coniaciense (Gallemí et al., 1982, 83). Lateralmente (hacia el E) en el flanco N, estos materiales han sido atribuidos, por Gallemí et al. 1982, a los miembros **Clot de Moreu** (en el trabajo de 1983 fueron denominados “Carregador de Carreu” y “Margas con *Texanites*.”) y **Prats de Carreu p.p de la Fm Carreu.**; este dato resulta importante, ya que Gallemí et al. 2004, han fijado en esta área el límite Coniaciense- Santoniense mediante la repartición de los inocerámidos. Hacia el

oeste, estos materiales pasan a facies mucho más profundas (**Fm Anseroles Mey et al., 1968 p.p.**), que presentan foraminíferos planctónicos de la zona de *Dicarinella concavata* (Gómez-Garrido, 1981).

Los rotálidos están presentes, aunque no de forma abundante. Se trata de formas similares a las de la unidad anterior y que han sido atribuidas a *Rotorbinella sp.*, *Pararotalia tuberculifera* y pequeños fragmentos de *Iberorotalia reicheli*.

**Calcarenitas de Aramunt Vell o Mb. Aramunt Vell de la Fm Carreu (Gallemí et al., 1982, 83).** Unidad que también fue definida en el flanco norte del anticlinal de Sant Corneli- Bóixols y cuya unidad equivalente en el flanco sur recibió el nombre de **Mb. Balcó del Cucut (Gallemí et al., 1982, 83)**. Es una unidad compleja que, en el sector norte de la zona estudiada, está constituida por tres tramos: inferior, intermedio y superior. El tramo inferior está formado por calizas grises con pátina ocre con abundantes fósiles, entre los destacan los rudistas, y foraminíferos: formas aglutinadas y lacazinoides. El tramo intermedio está constituido por calizas nodulosas con rudistas y corales en la base, y margas en la parte superior con abundantes corales solitarios. Entre los foraminíferos destacan: *Dictyopsella*, *Cyclolina*, *Cuneolina* y miliólidos trematoporados. El tramo superior es fundamentalmente calcarenítico y está constituido por barras bioclásticas. La identificación de los tres tramos resulta, hacia el este, problemática por la presencia de fallas perpendiculares a la estructura general que forma el anticlinal. Además, se observa un importante cambio de facies, con la desaparición de los niveles superiores e inferiores, respectivamente, de los tramos inferior y superior a favor de las facies típicas del tramo intermedio.

Cabe remarcar que Skelton *et al.*, 2003 estudiaron el Mb Aramunt Vell (en el sentido de Gallemí *et al.*, 1982, 83) entre las ruinas del pueblo de Aramunt Vell y Vilanoveta, y al este de la denominada “falla del Montagut”. Estos autores identifican y crean, en el oeste, de abajo a arriba, los miembros **Aramunt Vell (inferior)**, **Sant Pere de Vilanoveta**, **l’Aubagueta** y **Aramunt Vell (superior)**, mientras que al este para los sedimentos equivalentes crean los miembros **Liau**

**de Castellet y Llau de Joncarlat.** Según puede deducirse de los gráficos presentados por estos autores, los miembros Sant Pere de Vilanoveta y l'Aubagueta corresponden a los sedimentos del tramo intermedio estudiado, que pasa hacia el este a los miembros de Llau de Castellet y Llau de Joncarlat; estos miembros son equivalentes, más hacia el este, al **Mb. Prats de Carreu** de Gallemí et al. 1983 *p. p.* y hacia el oeste, a la Fm Anseroles *p. p.* Dada la repetición de nombres y la poca extensión cartográfica y paso gradual entre ellos, estos nuevos miembros no se han tenido en cuenta en este trabajo. Skelton *et al.* 2003 citan la presencia de foraminíferos planctónicos de la zona de *Dicarinella asymetrica* y le atribuyen una edad Santoniense medio.

La edad de esta unidad es Santoniense inferior y medio.

Se han identificado rotálidos de gran tamaño: *Orbitokathina vonderschmitti*, pequeñas formas de *Iberorotalia reicheli*, *Pararotalia tuberculifera*, fragmentos de *Rotorbinella campaniola* y *Rotorbinella spp.* Los grandes rotálidos pueden presentar fácilmente muestras de silicificación, aunque este hecho no es exclusivo de los rotálidos.

**Arcillas de Herbasabina o Mb. Herbasabina de la Fm Carreu (Gallemí et al., 1982, 83).** Esta unidad fue definida en el flanco N del anticlinal, mientras que en el flanco sur los sedimentos equivalentes fueron atribuidos al **Mb. Podega de la Fm. Abella (Gallemí et al., 1982, 83).** Se trata de arcillas azules, depositadas en un medio de plataforma abierta y talud, con foraminíferos planctónicos, que en el flanco N corresponden a la zonas de *Dicarinella asymetrica*, *Globotruncanita elevata* y *Globotruncana ventricosa p. p.*, que indican una edad Santoniense superior- Campaniense inferior (Gómez-Garrido, 1987), mientras que en el flanco sur (área de Collades de Basturs) se ha identificado únicamente la zona de *Dicarinella asymetrica* (estos sedimentos están coronados discordantemente por los sedimentos campano-maastrichtienses de la Fm Areny Mey *et al.*, 1968, que corta en bisel los sedimentos más antiguos).

Estas facies, en su conjunto, no presentan macroforaminíferos, a excepción de los 10-15 m basales (**Margas con lacazinas, en Mercedes 2005**), que rodean al

anticlinal de Sant Corneli y continúan en el flanco sur, donde dan lugar a los sedimentos margocalcáreos con lacazinas situados entre las formaciones de rudistas que fueron atribuidas al **Mb. Collades de la Fm Abella (Gallemí et al., 1982, 83)**. Es precisamente en estos escasos metros de la base del Mb. Herbasabina donde se han encontrados rotálidos, mientras los materiales superiores carecen de ellos.

Se ha identificado *Rotorbinella spp* y *Orbitokathina vonderschmitti*, que presentan procesos de silicificación.

#### **b) Manto del Montsec.**

El manto del Montsec, a diferencia del manto de Bóixols presenta una cierta homogeneidad relativa de materiales en toda su extensión. Su emplazamiento tuvo lugar durante el Eoceno inferior (Teixell y Muñoz, 2000) y presenta una estructura interna simple formada, en el sur, por un anticlinal frontal con sedimentos mesozoicos y, al norte, por un sinclinal laxo que incluye, además, materiales paleógenos (Figura 4.4 ).

Los rotálidos provienen de varias secciones realizadas en la Sierra del Montsec (fig. 4.2 y 4.4) y en la Sierra del Turb. De la base al techo se han diferenciado las siguientes unidades estratigráficas:

**Calizas con praealveolinas o Fm Calizas de Santa Fe Mey et al., 1968, p**  
**p.** Es una unidad homogénea en todo el manto, que descansa discordantemente sobre los materiales del Cretácico inferior. Está constituida por calizas con praealveolinas que no presenta diferencias respecto a la unidad homónima definida en el manto de Bóixols. Se han reconocido las zonas de *P. debilis* y *P. tenuis* (Calonge et al., 2002), de edad Cenomaniense medio? y superior. Esta unidad presenta rotálidos idénticos a los hallados en los materiales de la misma unidad en el manto de Bóixols: *Rotorbinella mesogeensis*.

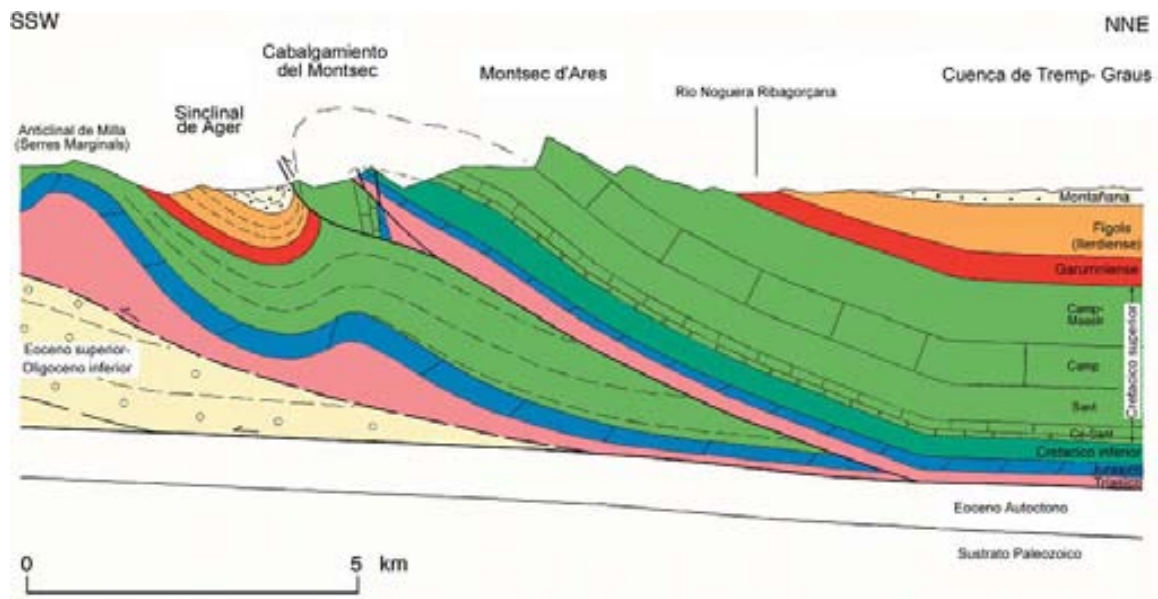


Figura 4.4: Corte geológico de la parte frontal del manto del Montsec en el valle del Noguera Ribagorzana (según Teixell 2004)

#### **Calizas con pitonellas o Fm Calizas de La Pardina (Caus et al., 1993).**

Calizas micríticas de color gris claro con calcisféridos, fragmentos de equinodermos, foraminíferos microbentónicos y algunos foraminíferos planctónicos de las zonas de *H. helvetica* y *M. schneegansi* (Caus et al., 1993), de edad Turoniense medio y superior. Esta unidad es también igual a la identificada en el manto de Bóixols y, al igual que en los sedimentos situados más al norte, no contiene rotálidos.

**Calizas de la Cova (Pons, 1977).** Esta unidad presenta unas características totalmente distintas a las identificadas en la unidad o unidades que pueden considerarse contemporáneas en el manto de Bóixols, pero es constante en todo el manto del Montsec. Está constituida por calizas masivas y calizas margosas, que descansan discordantemente sobre la unidad anterior o directamente sobre las calizas con praealveolinas. Es una unidad compleja, que se ha interpretado formada por dos ciclos sedimentarios sucesivos, constituidos por sedimentos depositados en una plataforma protegida, donde los materiales propios del *lagoon* alternan con otros procedentes de mar abierto (sedimentos de *washover* y deltas de reflujo (Caus et al., 1999; Boix, 2004).

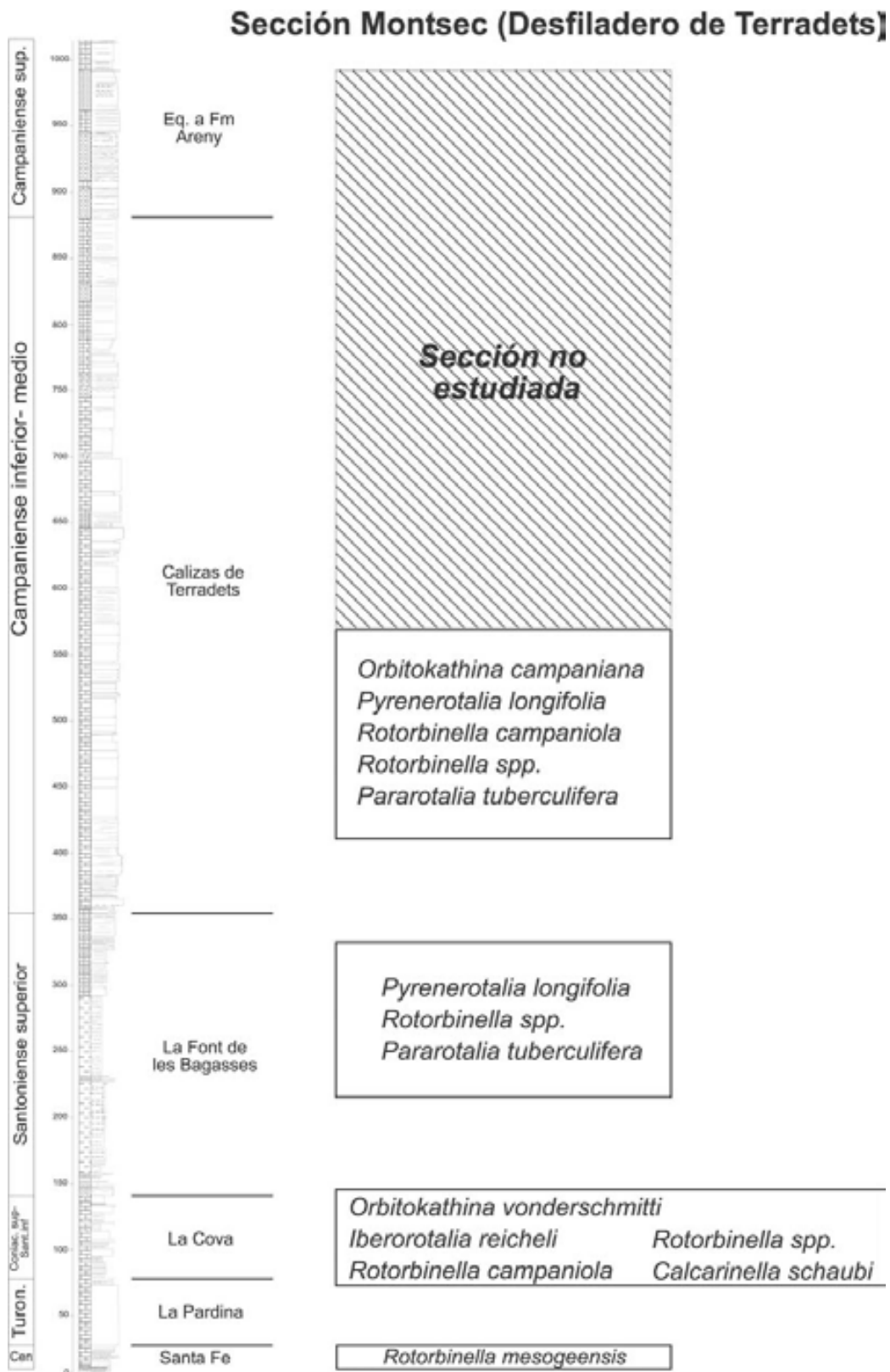


Figura 4.5: Sección del Montsec, en la que se representan las asociaciones de rotálidos.

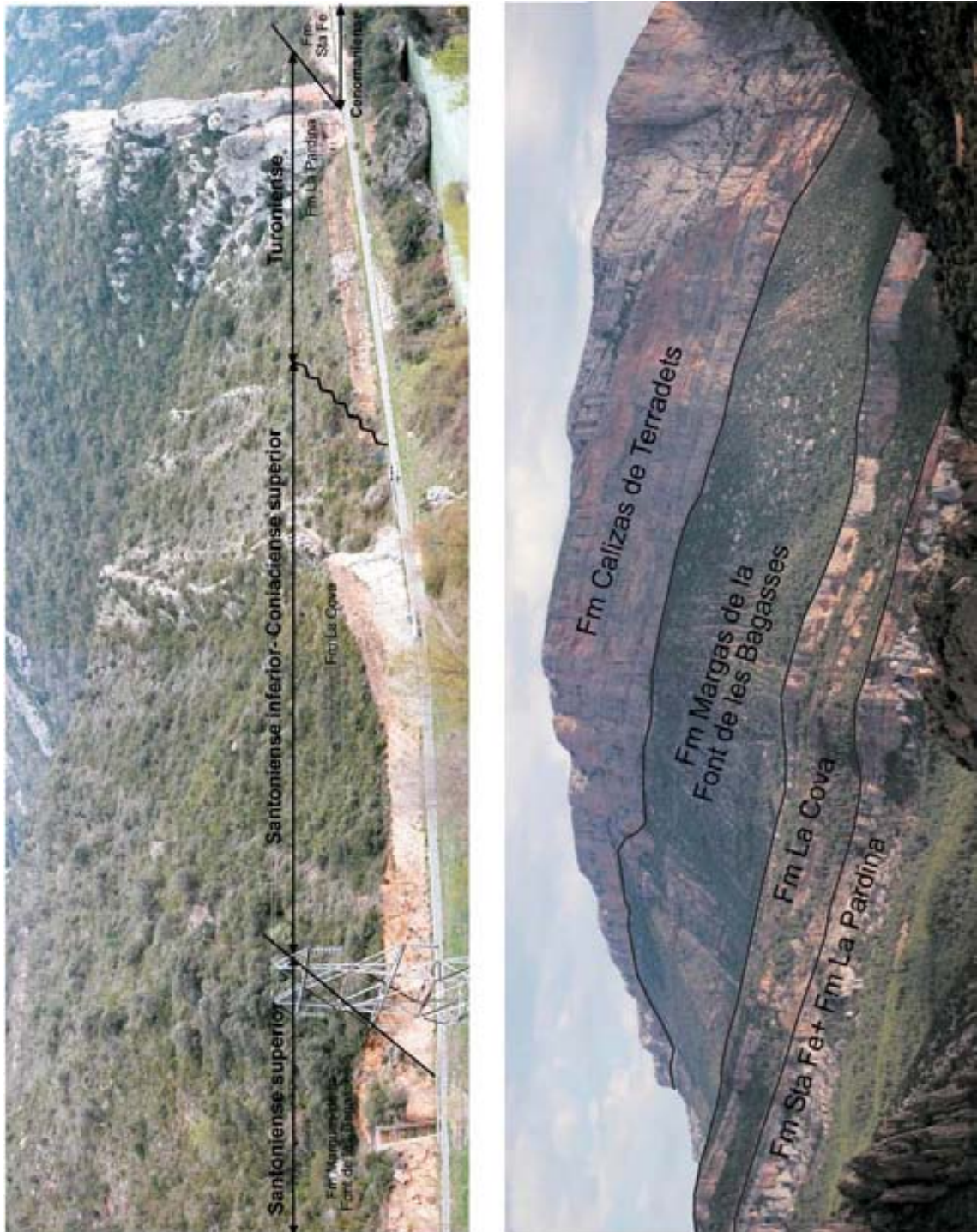


Figura 4.6: Fotografías de campo del desfiladero de Terradets y del Valle del Ribagorza, con las formaciones y las edades que representan.

El contenido paleontológico de esta unidad es muy importante (véase Hottinger y Rosell, 1973; Pons, 1977; Pascual *et al.*, 1989; Cherchi y Schroeder 1999, y Boix, 2004, entre otros).

Los macroforaminíferos fueron estudiados por la autora de esta memoria en el trabajo de investigación para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados o D.E.A (Boix, 2004) y su edad dada como Coniaciense superior-Santoniense inferior.

Los rotálidos están presentes en casi toda la unidad, formando parte de los sedimentos de plataforma protegida. Encontramos *Orbitokathina vonderschmitti*, *Iberorotalia reicheli*, *Calcarinella schaubi*, *Rotorbinella campaniola* y *Rotorbinella spp.*

**Margas de la Font de les Bagasses (Pons, 1977).** Es una unidad muy típica en todo el manto del Montsec, que por edad se ha considerado contemporánea, al menos en parte, a la Fm Herbasabina. Tanto en la Sierra del Montsec como en la del Turb, los materiales que la conforman dan lugar a un talud moderado entre dos escarpes, que corresponden respectivamente a la unidad infrayacente, Calizas de la Cova y suprayacente, Calizas de Terradets o Calizas de la Serra del Turb. Litológicamente está constituida por margas amarillas y/o grises que alternan con calizas margosas. Localmente pueden presentar capas discontinuas de arenas más o menos compactas. Entre la fauna destacan los macroforaminíferos, equínidos, braquiópods, corales solitarios y rudistas; algunos niveles presentan nautiloideos y espículas de esponjas. El conjunto faunístico sugiere una edad Santoniense medio y superior (Hottinger, 1966; Caus *et al.*, 1988; Caus y Gómez-Garrido, 1989 a, b). Los sedimentos que forman esta unidad se depositaron en una plataforma abierta, aunque poco profunda, como lo demuestra la presencia de foraminíferos complejos en toda la unidad.

En esta unidad predominan los representantes de los géneros *Rotorbinella spp.* y *Pararotalia tuberculifera*, y hace su aparición *Pyrenerotalia longifolia*.



**Calizas de Terradets (Pons, 1977) y Calizas de la Serra del Turb (Caus et al., 1988).** Está constituida por calizas bioclásticas grises ú ocres, masivas y con abundantes briozoos, bivalvos y macroforaminíferos (siderolítidos y orbitoídidos), que alternan con calizas nodulosas grises, bien estratificadas en las que pueden predominar los rudistas y macroforaminíferos o las esponjas, en función del medio de depósito. Villalonga (2007) ha interpretado las Calizas de Terradets en la localidad que da nombre al conjunto (desfiladero de Terradets, en la Sierra del Montsec) constituidas por dos ciclos sedimentarios sucesivos formados por sedimentos de plataforma abierta, margen de plataforma y plataforma protegida, respectivamente. En la Sierra del Turb (Bernaus y Caus, 2000) reconocen los mismos ciclos que en la Sierra del Montsec, pero estarían formados por facies de talud superior-plataforma abierta y facies de margen, no habiéndose encontrado facies típicas de plataforma protegida. La edad de esta unidad es Campaniense inferior y medio (Caus y Cornella, 1983; Caus et al., 1988, Bernaus y Caus, 2000, y Villalonga, 2007).

En las facies de plataforma abierta predominan los géneros rotálidos *Pararotalia tuberculifera* y *Rotorbinella spp.*, en las facies de margen *Rotorbinella campaniola* y *Rotorbinella spp.* y en las facies de lagoon, *Orbitokathina campaniana* y *Pyrenerotalia longifolia*

Las Calizas de Terradets están limitadas superiormente, discordantemente o no, por los sedimentos sintectónicos de la **Fm Areny Mey et al., 1968**, que en las secciones realizadas en la Serra del Turb y valle del río Segre están constituidas por una potente serie siliciclástica donde alternancia las arcillas y areniscas grises, mientras que en el área de la Serra del Montsec la unidad está constituida por calizas arenosas, areniscas y microconglomerados que fueron atribuidos en equivalencia a la Fm Areny (véase Pons, 1977). En todas las secciones la parte superior presenta calizas micríticas, arcillas grises o lignitos, que contienen rudistas, carofitas y ostrácodos que indican la transición a los sedimentos continentales de la **Fm Tremp Mey et al., 1968** (facies garumnienses). La edad de esta unidad es Campaniense superior-Maastrichtiense inferior.

Aunque no ha sido estudiado en este trabajo, en la parte superior de esta unidad hay el género rotárido *Laffiteina*.

**c) Manto de las Serres Marginals.**

Es la unidad tectónica situada más al sur y también la más reciente. Está constituida por un conjunto de unidades muy semejantes entre sí, pero cuya potencia disminuye radicalmente de N a S. En este trabajo se han estudiado los rotáridos de las unidades, de norte a sur, denominadas: El Coscoll, Monroig-Sant Jordi y Serra dels Arquells. En la figura 4.7 se representa la sección medida en la unidad del Coscoll, que es la unidad situada más al norte, la más potente y donde los rotáridos son más abundantes y mejor conservados. A continuación se describen las unidades estratigráficas de esta sección que, de la base al techo, son:

**Arenas y arcillas de las Serres Marginals (Pons, 1977).** Aunque algunos autores han atribuido estos sedimentos a la **Fm Adrahent Mey et al, 1968**, no guardan ninguna similitud. Esta unidad está constituida por arenas y calizas arenosas, arcillas y areniscas entre las que se intercalan calizas margosas, margas y calcarenitas que generalmente están parcialmente dolomitizadas. Los fósiles están irregularmente distribuidos y están representados principalmente por rudistas, ostreidos, equinoideos y macroforaminíferos (equivalentes a la facies de Tragó de Noguera, Schlumberger, 1898). Es una unidad depositada en un medio poco profundo (intertidal?) y se ha atribuido al Santoniense superior.

Los rotáridos presentes son *Pyrenerotalia longifolia* y *Rotorbinella spp.*

**Calizas de las Serres Marginals o Fm Bona Mey et al., 1968.** Se trata de calizas grises algo margosas en la base, que pasan hacia la parte superior a calizas bioclásticas con tinte ocre o rojizo y muy ricas en siderolítidos y orbitoídidos. Entre las calizas bioclásticas se intercalan dos tramos, de poca potencia, de calizas margosas con abundantes macroforaminíferos aglutinados y rotáridos.

## Sección Serres Marginal (El Coscoll)

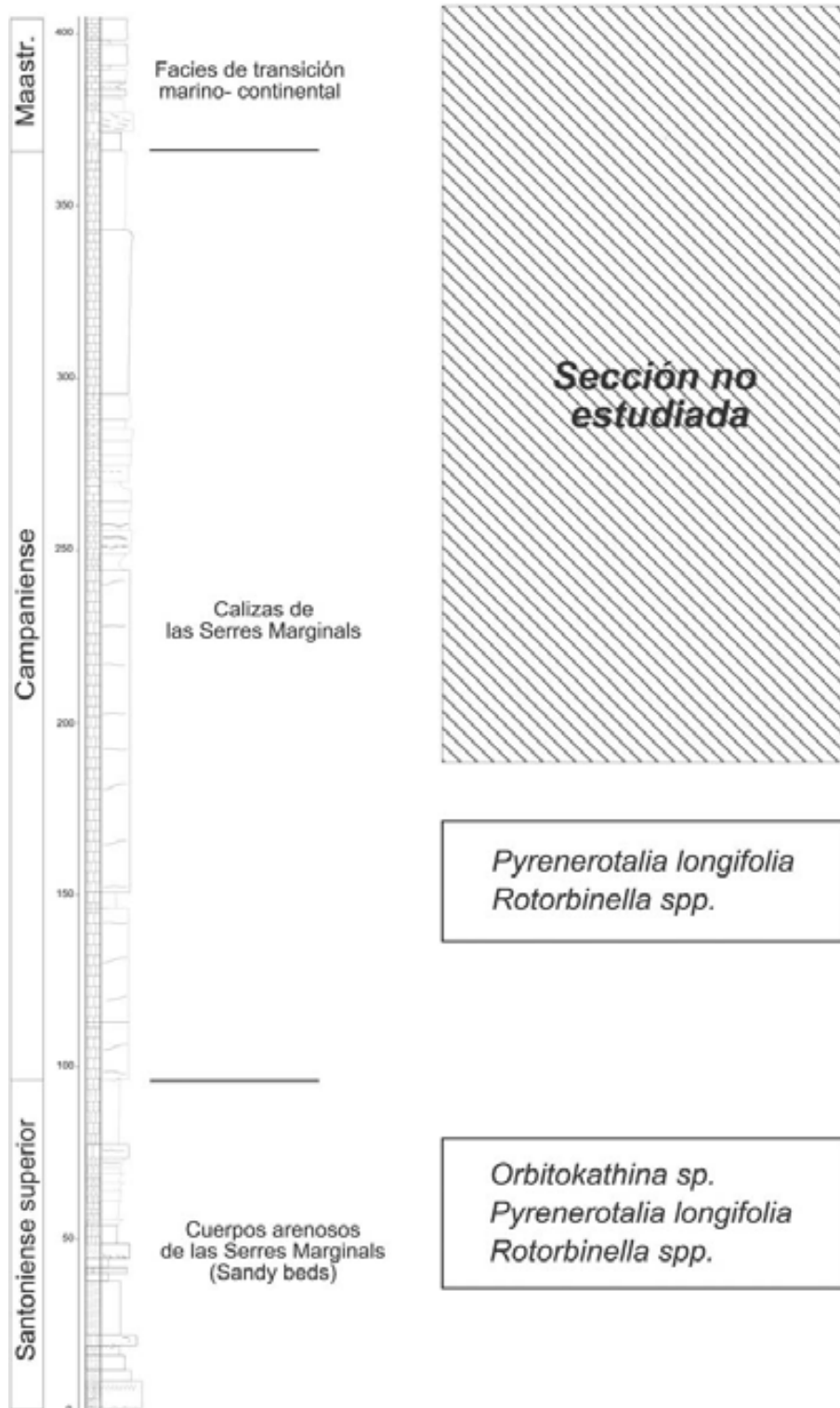


Figura 4.7: Sección las Serres Marginal, en la que se representan las asociaciones de rotálidos.



Figura 4.8: Fotografías de campo del Coscoll, en las Serres Marginales. En rojo se ha indicado la sección realizada en el campo.

Estas calizas se han interpretado formadas por tres plataformas sucesivas (C1, C2 y C3, en Boix y Pérez, 2004), la inferior (plataforma gris, C1) sería coincidente con la identificada como tal en la Sierra del Montsec (C1 en Villalonga, 2007), la intermedia (C2) coincidiría igualmente con la intermedia de la unidad de la Sierra del Montsec (C2 en Villalonga, 2007) y la tercera tendría características diferentes a la Sierra del Montsec, ya que en esta área no se dan los depósitos siliciclásticos equivalentes de la Fm Areny. La plataforma C3 es en las Serres Marginals totalmente carbonática, con excepción de algunos aportes esporádicos de material siliciclástico. Las calizas bioclásticas de las plataformas C1, C2 y C3 se han interpretado formando parte del margen de cuenca, mientras las facies poco energéticas que hay entre ellas corresponderían a depósitos de plataforma protegida.

Las facies de plataforma protegida de la plataforma superior gradan sucesivamente a facies de plataforma restringida y a las facies continentales garumnienses (facies de Transición en la figura 4.7) La edad de las Calizas de las Serres es Campaniense.

Los rotálidos estudiados forman parte de las facies de plataforma protegida que coronan el ciclo C1. Se trata de los mismos rotálidos que en las facies equivalentes de la Sierra del Montsec, aunque cabe destacar la ausencia del género *Orbitokathina*.

## **A2) Unidad Surpirenaica oriental.**

Esta unidad localizada al este del río Segre, está constituida por los mantos del Pedraforca y Cadí. Sin embargo, por las características de los sedimentos, el trabajo se ha centrado únicamente en los rotálidos de los sedimentos que conforman el manto inferior del Pedraforca.

### **a) Manto del Pedraforca.**

El manto del Pedraforca (Seguret, 1972) es una unidad compleja que está formada a su vez por dos unidades bien diferenciadas: los mantos superior e inferior del Pedraforca (Martínez *et al*, 1988), y entre ellos una unidad intermedia

(Martínez *et al.*, 2001). El manto superior del Pedraforca está formado principalmente por materiales Jurásicos, Cretácico inferior y Cretácico superior (Cenomaniense-Santoniense). La unidad intermedia es una lámina cabalgante de poca potencia, formada principalmente por brechas de materiales del Cretácico inferior y Cretácico superior (Cenomaniense-Santoniense) (fig.4.4).

El manto inferior del Pedraforca está constituido por una potente serie de materiales del Cretácico superior (Cenomaniense- Maastrichtiense) y es estructuralmente equivalente al manto del Montsec. Las unidades descritas cabalgan sobre los materiales eocénicos del manto del Cadí. Las secciones realizadas en este trabajo corresponden a los materiales del manto del Pedraforca inferior. En conjunto estas secciones, aunque con algunas diferencias litológicas poco importantes, pueden compararse con las realizadas en las sierras del Montsec y del Turb, y los rotálidos aparecen en los mismos intervalos estratigráficos y están representados por los mismos taxones. De la base al techo, las unidades estratigráficas son:

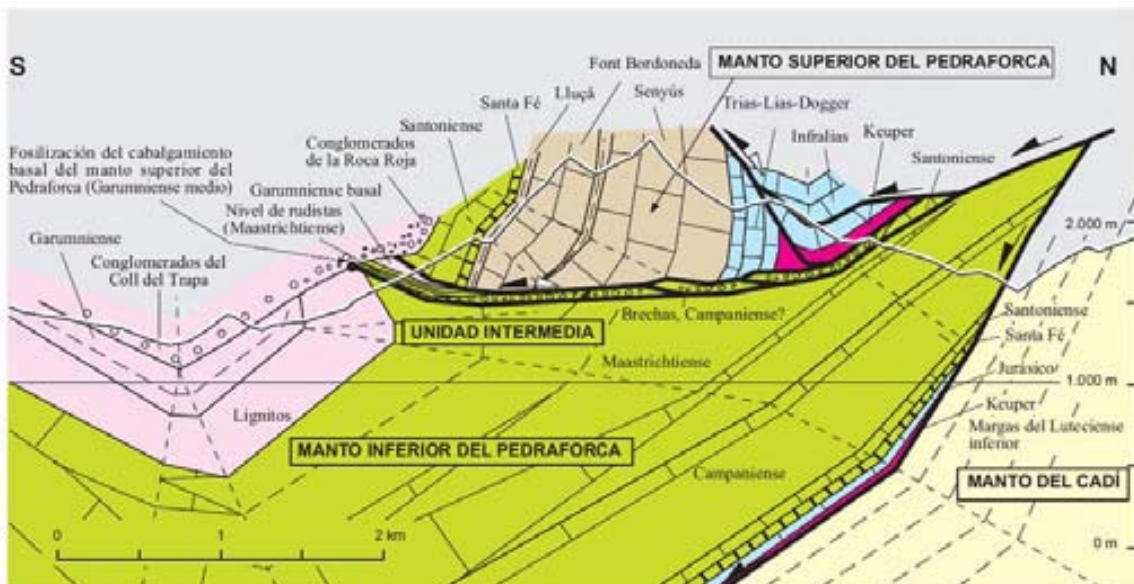


Figura 4.9. Corte geológico del Manto del Pedraforca, identificando las distintas unidades y la edad de los materiales. (De Martínez *et al.*, 2001)

## Sección Pedraforca 1 (Santuari de Gresolet)

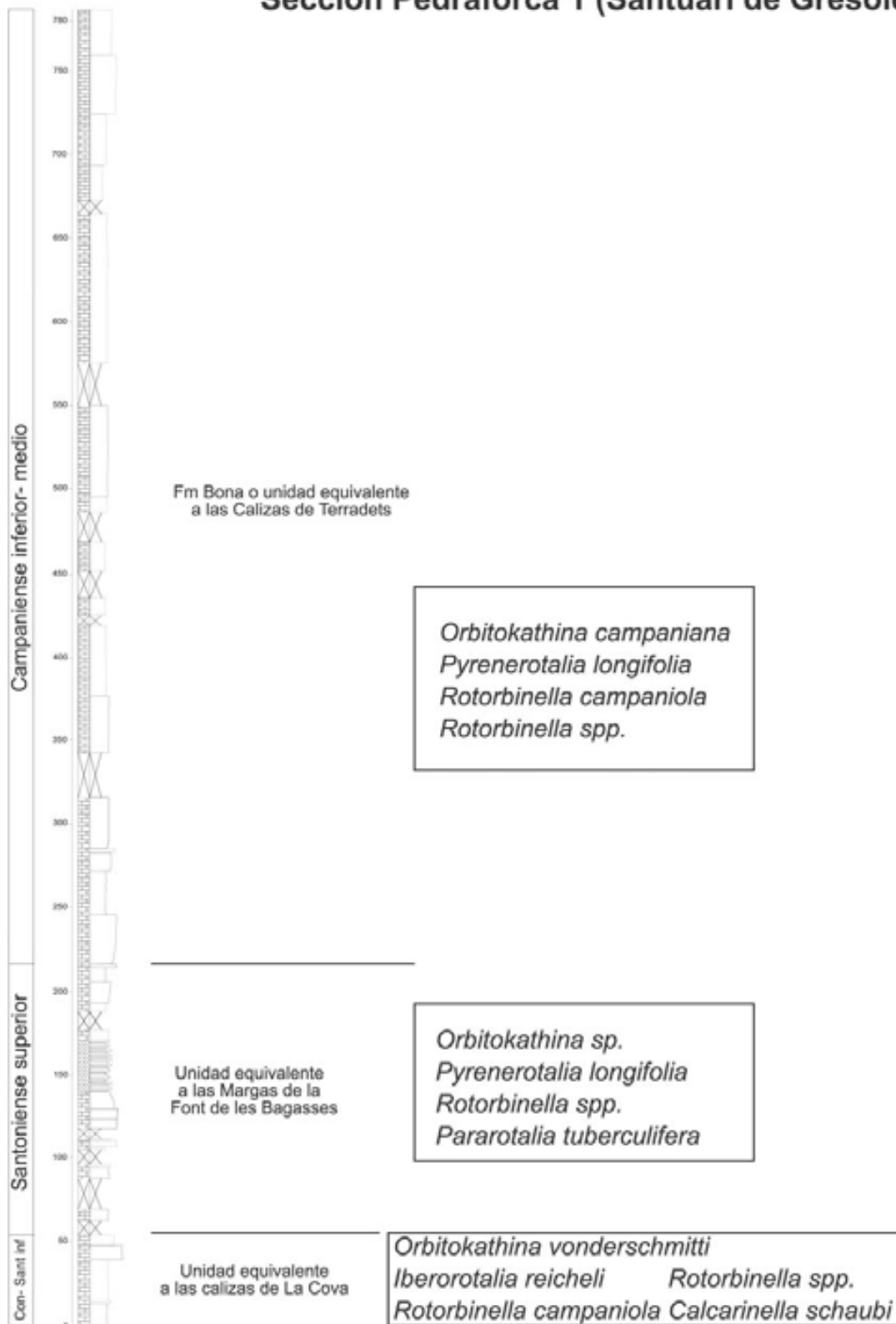


Figura 4.10: Sección 1 del Pedraforca, en la que se representan las asociaciones de rotálidos.

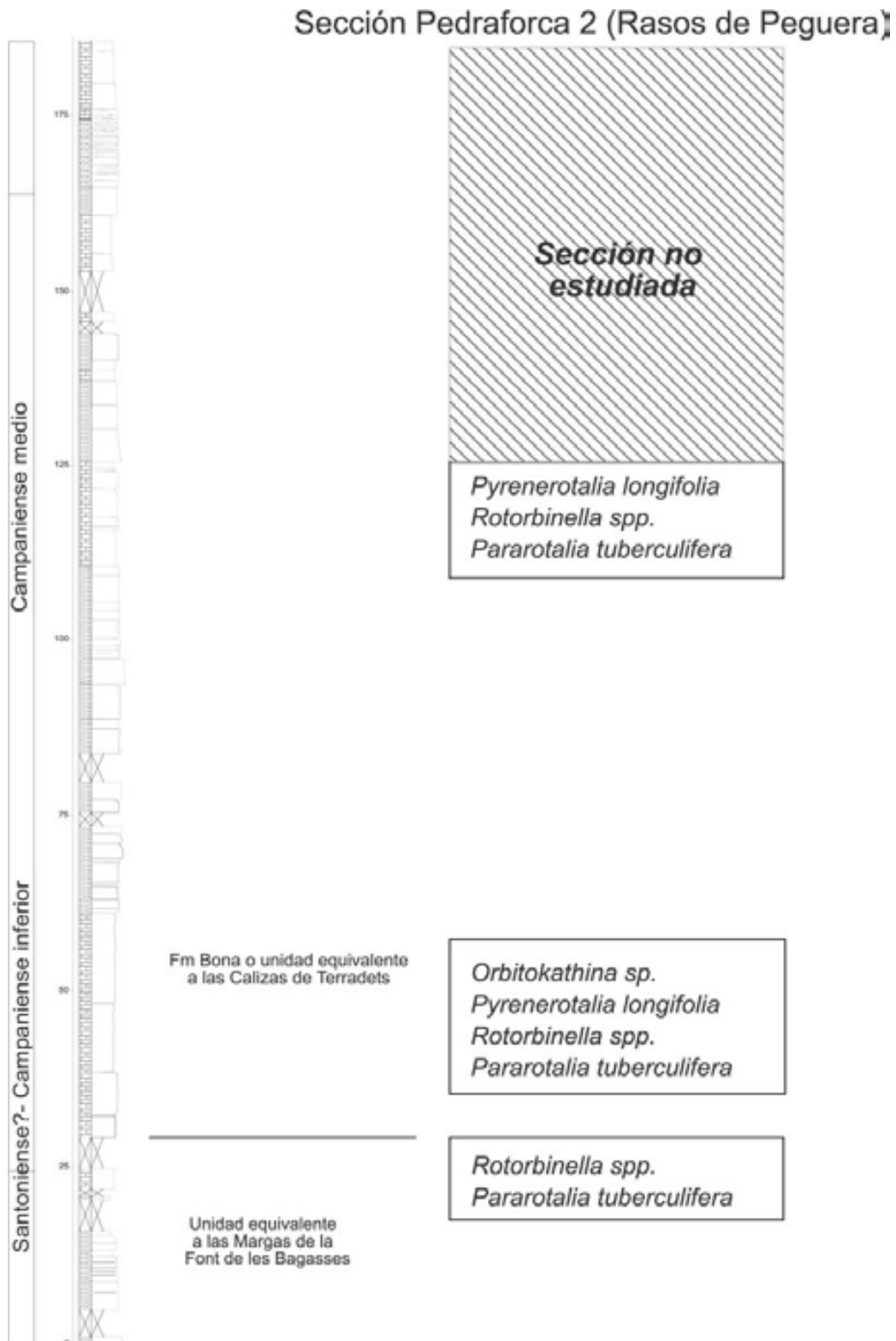


Figura 4.11: Sección 2 del Pedraforca, en la que se representan las asociaciones de rotálidos.



**Calizas con praealveolinas o Fm Calizas de Santa Fe (Mey et al., 1968), p p.** Esta unidad no se describe nuevamente porque tiene las mismas características que en las secciones anteriores.

Los rotálidos encontrados en esta unidad corresponden a *Rotorbinella mesogeensis*.

**Calizas con pitonellas o Fm Calizas de La Pardina (Caus et al., 1993).** Esta unidad responde también a las mismas características de las secciones anteriores, pero es aquí difícilmente identificable porque está generalmente erosionada por la unidad suprayacente.

Esta unidad no contiene rotálidos.

**Equivalente a la unidad de las Calizas de La Cova.** Se define así porque presenta las mismas características litológicas y paleontológicas que la unidad correspondiente en la Sierra del Montsec.

Los rotálidos son abundantes y están representados por *Orbitokathina vonderschmitti*, *Iberorotalia reicheli*, *Calcarinella shaubi*, *Rotorbinella campaniola* y *Rotorbinella spp.*

**Equivalente a la unidad de las Margas de la Font de les Bagasses.** Esta unidad presenta diferencias de una a otra de las secciones realizadas, mientras en toda el área norte del Pedraforca está representada por margas amarillas y/o grises muy semejantes a las que forman los sedimentos de la unidad en su localidad tipo (desfiladero de Terradets), en el área sur presentan materiales siliciclásticos intercalados entre los materiales carbonatados, lo que recuerda a los materiales basales de alguna de las secciones de las Sierras Marginales.

Entre los rotálidos destacan *Orbitokathina sp.*, *Pyrenerotalia longifolia*, *Pararotalia tuberculifera* y *Rotorbinella spp.* de pequeño tamaño.

**Fm. Bona (Mey et al., 1968), o equivalente a las Calizas de Terradets.** Aunque la litología de esta unidad es más similar a la de las Calizas de Terradets

en la Sierra del Montsec, que a las de la Fm Bona en su localidad tipo, muchos autores, por proximidad geográfica con la sección tipo, han asimilado esta sucesión calcárea a las calizas de la Fm Bona; se trata de calizas bioclásticas de color gris ú ocre, masivas, que intercalan calizas margosas, bien estratificadas. Los estratos masivos se caracterizan por facies de elevada energía del agua y por la presencia de siderolítidos y orbitóididos, mientras las intercalaciones más margosas presentan macroforaminíferos que indican una baja o moderada energía del agua. Los primeros corresponderían a depósitos de margen de cuenca, mientras los segundos estarían situados en un área protegida por detrás del batiente de las aguas.

Los rotálidos identificados en esta unidad son *Orbitokathina campaniana*, *Pyrenerotalia longifolia*, *Rotorbinella campaniola* y *Rotorbinella sp.*

Las unidades superiores, equivalentes a la Fm Areny, no han sido estudiadas en este trabajo.

## **B) Unidad del Montgrí.**

En el extremo oriental de los actuales Pirineos, junto el mar Mediterráneo en el cabo de Creus, se extiende la unidad del Montgrí. No se trata de una única unidad tectónica sino de un conjunto de unidades todas ellas relacionadas, cuyo origen se sitúa en el área de Provenza. Los materiales de esta unidad se han estudiado para ver la similitud con los del sur de Francia, estudiados por Maync (1959) y Gendrot (1968).

La sucesión de materiales presenta ciertas diferencias respecto a las explicadas hasta este momento. El Cenomaniense, que está representado en su mayor parte por Calizas con *Praealveolina*, está en continuidad estratigráfica con el Albiense. Se han identificado las zonas de *Praealveolina iberica*, *P. pennensis*, *P. debilis* y *P. tenuis*, lo que indica una edad que va del Cenomaniense inferior al superior (Calonge *et al.*, 2002).

Como en otras áreas del Pirineo, los sedimentos de plataforma poco profunda del Cenomaniense superior están cubiertos por las típicas facies de calizas con pitonellas que indican una sedimentación en mar abierto.

Superiormente a las calizas con pitonellas, una superficie de erosión y una nueva formación calcárea indica nuevamente la presencia de materiales de plataforma poco profunda. Estos materiales son muy ricos en foraminíferos, entre los que predominan los fabuláridos, aglutinados complejos, etc., que indican una edad Coniaciense superior- Santoniense inferior.

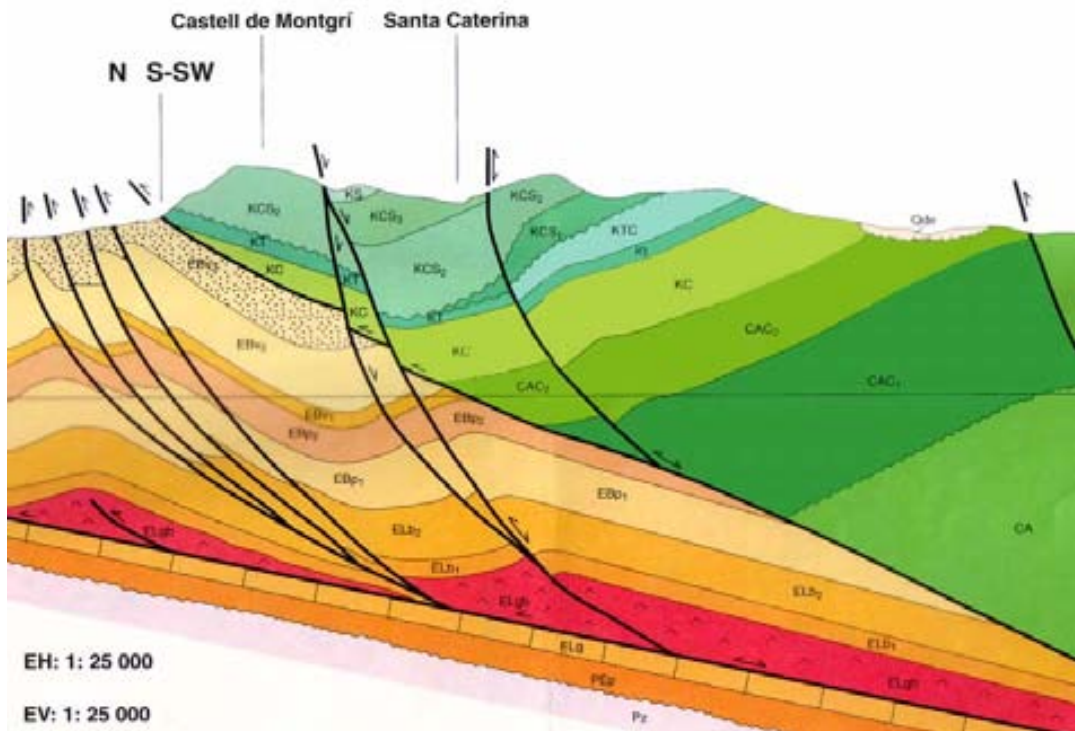


Figura 4.12. Corte geológico extraído del MGC 1:25000, correspondiente a la hoja del Estartit. Servei Geològic de Catalunya (1995). Los tonos verdes indican los materiales mesozoicos; los tonos amarillos y ocre indican materiales terciarios.

Los rotálidos se han encontrado en dos niveles: el Cenomaniense y el Santoniense inferior. Los del primer nivel han sido identificados como *Rotorbinella mesogeensis*; los del segundo nivel corresponden a *Orbitokathina vonderschmitti*, *Iberorotalia reicheli*, *Rotorbinella campaniola*, *Rotorbinella sp.* y algún fragmento que podría corresponder a *Calcarinella schaubi*.

### **C) Pirineos Vasco-Cantábricos**

Los trabajos de Ramírez del Pozo (1971), Leppig (1987) y Floquet (1991), entre otros, citan y/o figuran rotálidos en los sedimentos correspondientes a las cadenas cantábricas meridionales. En este trabajo se han estudiado varias muestras procedentes, principalmente de los Montes Obarenes donde los sedimentos del Cretácico superior descansan sobre los materiales continentales de la **Fm Utrillas**. Se han realizado dos secciones parciales: una al sur, en el área de Pancorbo, a lo largo del desfiladero del río Oroncillo y otra en el norte, en el área de Para-Tormo, en la carretera de Hornillalastra a Torme, en los alrededores del puente hacia Butrera.

La sucesión de materiales del Cretácico superior presenta diferencias de potencia y medio de depósito entre una a otra área, por lo que las facies ricas en foraminíferos rotálidos no están distribuidas uniformemente. A continuación se cita, de manera muy somera, las unidades estratigráficas de una y otra área. Para más información sobre la estratigrafía de la región véase Floquet (1991, pp. 29-55). De la base al techo se han identificado las siguientes formaciones:

**Fm. Dosante.** Gradualmente los materiales de la Fm Utrillas pasan a los de la Fm Dosante, sin discontinuidad. En la base, están constituidos por calizas bioclásticas con rudistas y macroforaminíferos (orbitolínidos y praealveolínidos) del Cenomaniense medio (en Floquet, 1991). Este autor sostiene que la presencia de *Orbitolina* excluye el Cenomaniense superior. La parte superior, parcialmente dolomítica, está constituida por calizas micríticas y bioclásticas con abundantes alveolínidos de la zona de *P.tenuis* del Cenomaniense superior.

En la base de esta unidad no se han encontrado rotálidos, pero en la parte superior se ha identificada *R. mesogeensis*.

**Fm Puenteley.** Esta unidad se dispone discontinuamente sobre la formación anterior o sus equivalentes. Está constituida por calizas nodulosas que alternan con margas arcillosas muy bioturbadas que presentan calcisféridos, algunos foraminíferos planctónicos y, en el área N, ammonítidos e inocerámidos, que indican el Turoniense inferior-medio *p.p.*

Esta unidad no posee rotálidos y se ha interpretado como depositada en una plataforma profunda, equivalente en edad y medio a la Fm La Pardina.

**Fm Villaescusa de las Torres.** Calizas bioclásticas parcialmente dolomitizadas con abundantes rudistas, foraminíferos, briozoos, etc., los cuales indican una sedimentación en aguas poco profundas. La edad de esta formación es discutida; algunos autores le atribuyen una edad Turoniense medio-superior, mientras otros le dan una edad Turoniense medio-Coniaciense inferior. Esta formación está presente únicamente en la sección de Pancorbo y pasa en el área N a las formaciones Hornillatorre y de Cueva. La **Fm Hornillatorre** está constituida por margas y margocalizas con foraminíferos planctónicos y ammonítidos, de edad Turoniense medio y superior. La **Fm de Cueva** está constituida por calizas bioclásticas con abundantes corales. Esta formación se atribuye al Turoniense superior- Coniaciense inferior (Floquet, 1991).

Se han identificado pequeños fragmentos de rotálidos que corresponderían a *Rotorbinella spp.* en las formaciones Villaescusa de las Torres y de Cueva. La formación Hornillatorre carece de rotálidos.

**Fm Nidaguila.** En el área norte, a la Fm de Cueva le sigue la Fm Nidaguila formada, principalmente, por margas grises con ammonítidos y foraminíferos planctónicos, cuya edad es discutida y varia, según los autores, del Coniaciense inferior al Coniaciense superior o, incluso, Santoniense.

**Fm. Desfiladero.** Esta formación está solamente presente en el área de Pancorbo y pasa hacia el norte a la Fm. Nidaguilla *p. p.* y a la Fm Nocedo de Burgos. Se trata de calizas nodulosas parcialmente dolomitizadas, principalmente en la parte superior. Los fósiles son abundantes, principalmente rudistas y macroforaminíferos. La edad de esta formación es Coniaciense superior-Santoniense inferior.

Los rotálidos corresponden a los géneros *Orbitokathina sp.* y *Calcarinella schaubi*.

**Fm Nocedo de Burgos.** Está formada por calizas amarillosas- grises y margas nodulosas con abundantes lamelibranquios y gasterópodos. En la parte media, Floquet (1991) cita la presencia de *Lacazina elongata*, aunque no hay mucha figuración, por lo que podría tratarse de un fabulárido más antiguo (*Pseudolacazina loeblichii?*), forma presente en la formación que se considera equivalente. Además, el mismo autor sostiene que la edad es probablemente Santoniense inferior.

Los escasos rotálidos que ha librado esta formación corresponden a los géneros *Pararotalia tuberculifera* y *Rotorbinella spp.*

**Fm Tubilla del Agua.** Esta formación se ha estudiado únicamente en el área N ya que, aunque también está presente en el área de Pancorbo, la intensa tectónica dificulta el emplazamiento de las muestras en la sección. En la sección realizada se han podido diferenciar dos unidades. La inferior que posiblemente puede ser atribuida al Mb. San Pantaleón de Losa, está constituida por calizas arenosas rojizas o grises con abundantes fragmentos de bivalvos, briozoos y foraminíferos, entre los que se ha identificado *L. cantabrica* y *Spiropertolina almelai*, y entre los rotálidos los géneros *Rotorbinella spp.* y *Pararotalia tuberculifera*. La parte superior está constituido principalmente por calizas arenosas de grano fino con *Lacazina elongata*. Floquet (1991) cita *Larrazetia larrazeti* y *Lacazina elongata* en esta formación, aunque no los figura. Leppig (1987) figura *Larrazetia* junto a *L. elongata*.

Los rotálidos están presentes en toda su extensión. En la parte inferior aparece *Orbitokathina sp.* , mientras que en la parte alta encontramos *Pararotalia tuberculífera* y *Rotorbinella spp.*

Los sedimentos suprayacentes (a partir de la Formación de Moradillo de Sedano) no han sido estudiados.

### Sección Montes Obarenes

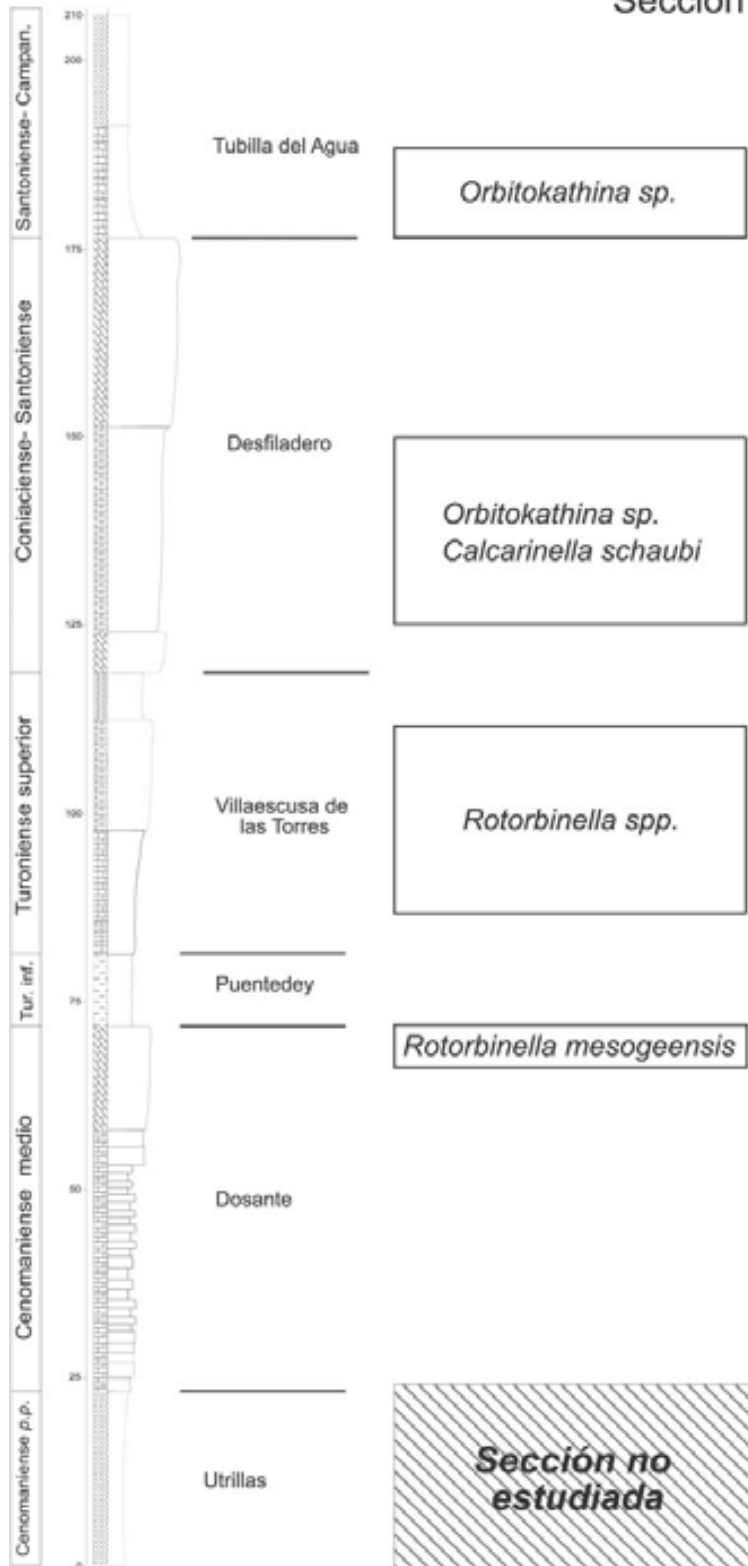


Figura 4.13: Sección de los Montes Obarenes, en la que se representan las asociaciones de rotálidos.



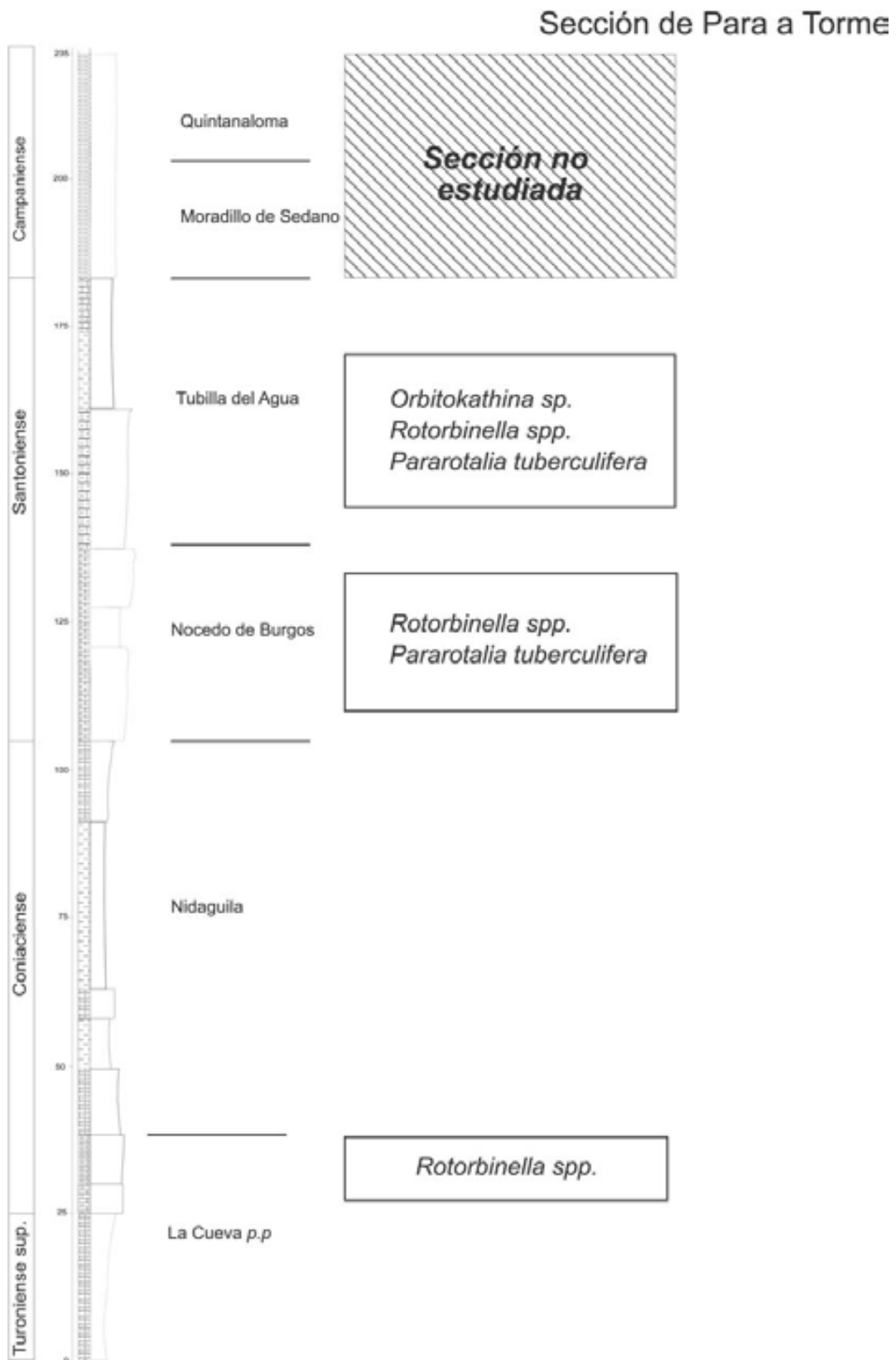


Figura 4.14: Sección de Para a Torme, en la que se representan las asociaciones de rotálidos.

## *CAPÍTULO V*

### *Antecedentes*

## V. ANTECEDENTES

En este capítulo no se pretende dar una lista exhaustiva de los trabajos en los que se hace mención de rotálidos, sino que se intenta explicar, a través de los principales trabajos publicados, la evolución en el conocimiento de los rotálidos desde los inicios de su estudio. En este contexto se citan, sin criticar, las aportaciones que se considera han marcado un hito en su conocimiento y en el desarrollo de posteriores estudios. Aunque se dan los trabajos de todos los períodos geológicos desde la aparición del grupo, se ha prestado especial interés a aquellos trabajos en que se estudian rotálidos cretácicos.

Las primeras noticias sobre representantes de los rotálidos son muy antiguas y están ligadas a la invención del microscopio a mediados del siglo XVII por Leeuwenhoek, ya que permitió observar por primera vez estos pequeños organismos. Así, Hooke (1665) cita y figura un pequeño “caracol” acuático petrificado; Linné (1758) en su obra *Sistema Naturae* le da nombre binomial: *Nautilus beccarii*, aunque lo relaciona con los cefalópodos; Brünnich (1772) lo transfiere al género de foraminífero *Ammonia*. Lamarck (1804) describe un nuevo género, *Rotalia*, aunque bajo el nombre de *Rotalites* (especie tipo: *Rotalites trochidiformis*). A partir de este momento, y en el mismo siglo XIX, se describen varias especies.

En el siglo XX varios autores dedican nuevamente su esfuerzo al estudio de este grupo de foraminíferos complejos, principalmente a su estructura, pero también a su repartición estratigráfica y geográfica, describiéndose varios géneros y especies. La mayoría de autores centran sus estudios en sedimentos del Terciario inferior, otros en sedimentos correspondientes al intervalo Mioceno- reciente y solamente unos pocos se dedican a los sedimentos cretácicos.

En la primera mitad de siglo, entre aquellos que describen géneros paleógenos, la mayoría lo hacen en el dominio denominado “*Lockhartia* Sea” (que incluye Oriente medio y el subcontinente indio) y bajo la influencia de la

industria petrolera. Así, Nuttall (1925) describe, en la India, el género *Dictyoconooides* (especie tipo *Conulites cooki* Carter, 1861) y Davies *et al.* (1937), en Pakistán, los géneros *Sakesaria* (especie tipo: *S. cotteri*) y *Lockhartia* (especie tipo: *Dictyoconooides haimeii*). Entre aquellos que escogieron otras áreas destacan los que trabajaron en Europa, entre ellos Marie (1946) que describe el género *Laffiteina* (especie tipo: *L. bibensis*) y Le Calvez (1949), quien da nombre al género *Pararotalia* (especie tipo: *Rotalina inermis* Terquem, 1882).

Para aquellos que dedican su interés a los rotálidos más modernos, el área más estudiada es la indopacífica. Entre estos cabe destacar Finlay (1939) que describe el género *Asanoina* (especie tipo: *Rotaliatina globosa* Yabe y Asano, 1937) del Plioceno. Hofker (1951) describe el género *Asterorotalia* (especie tipo: *Rotalina (Calcarina) pulchella* d'Orbigny, 1839).

En América, Cushman y Jarvis (1931) describen del "Eoceno" de Jamaica una forma de aspecto rotaloide, pero la asignan al género *Eponides* (*E. jamaicensis*), y Cole (1942) describe una nueva especie del Cretácico de Cuba, que adscribe al género *Lockhartia* (*L. bermudezi*). La descripción de estas dos especies, muy parecidas según las reproducciones originales, abre una polémica sobre la adscripción de ambas y las posibles sinonimias, así como su edad. Entre los trabajos que polemizan destacan: Brown y Brönnimann (1957), Pessagno (1960), Drooger (1960), Seiglie y Ayala- Castañares (1963), Brönnimann y Rigassi (1963), Cole (1971). Bermudez (1952) crea el género *Neorotalia* (especie tipo: *Rotalia mexicana* Nuttall, 1928).

En la segunda mitad del siglo XX, uno de los más importantes estudios para el conocimiento de los rotálidos se debe a Smout (1954), que estudia la estructura de la superfamilia Rotaliidea (Glaessner, 1945), revisa las características de la familia Rotaliidae (Ehremberg, 1839), y de los géneros rotálidos: *Lockhartia*, *Rotalia*, *Sakesaria* y *Dictyoconooides*. Además propone tres nuevos géneros de esta familia: *Kathina*, *Dictyokathina* y *Daviesina*.

Este autor utiliza los rotálidos (*Rotalia trochidiformis*) en el análisis de la construcción de la concha de los foraminíferos representantes de la

superfamilia Rotaliidea, formulando ideas fundamentales sobre las estructuras básicas de la concha de estos foraminíferos, sobre el tipo de crecimiento y su evolución. Incluye en la superfamilia Rotaliidea, además de los rotálidos, los nummulítidos, elfídidos, calcarínidos, rupertídidos, miogispsínidos, orbitóididos (parcialmente) y discociclínidos, excluyendo otras familias que habían sido consideradas como pertenecientes a esta superfamilia previamente. Cita que el origen de los Rotaliidea es desconocido y que podría situarse en el Paleozoico, pero reconoce que la mayoría de estructuras típicas del grupo no aparecen hasta el Cretácico superior (cita el género *Siderolites* como común en este período, mientras que el género *Rotalia* es citado como raro).

Respecto a la familia Rotaliidae, la define como “*formada por conchas libres, trocoides, con espira simple o múltiple. El lado dorsal con un sólido esqueleto y con poca o nula involución de las cámaras. El esqueleto suplementario forma un botón umbilical nunca sólido en todo su conjunto. Las cámaras presentan un único foramen en la base del septo. El septo es doble y frecuentemente tiene un sistema canalífero. Presenta un sistema de canales debajo de la capa cortical de la cámara, pero carece del plexo típico de las cuerdas marginales*”. Además, da una clave para identificar los géneros que sitúa en la familia, los cuales son agrupados en cuatro tipos: **Tipo I.** *Rotalia* y *Ammonia*, a los que define por tener la base fisurada, con un botón central o apilamientos de láminas formadas entre incisiones. Del género *Rotalia* estudia la especie tipo: *R. trochidiformis* (Lamarck, 1804) y describe dos nuevas especies, *R. hensoni* y *R. dukhani*. **Tipo II.** *Lockhartia*, *Sakesaria* y *Dictyoconooides*, cuya base está formada por gránulos y la región umbilical ocupada por cavidades separadas por placas perforadas, que forman apilamientos de láminas irregulares. Los dos primeros tienen espira simple, mientras *Dictyoconooides* la tiene múltiple. Del género *Lockhartia* describe cuatro nuevas especies y hace también referencia a las demás especies descritas, mientras que de *Sakesaria* describe dos nuevas especies. **Tipo III.** *Kathina* y *Dictyokathina*, que tienen la base no fisurada, aunque pueden tener surcos y canales verticales. El primero con espira simple y el segundo múltiple. **Tipo IV.** *Daviesina*, definida como ligeramente asimétrica, con espira simple e involuta en ambos lados, con una fuerte ornamentación y de la cual describe tres especies. Según el autor, la estructura de *Daviesina* es mal conocida y

este género tiene caracteres intermedios entre *Rotalia* (rotálidos) y *Miscellanea* (calcarínidos). Indica que todos los rotálidos que tiene a su disposición, de sondeos del área de Qatar (Oriente medio), incluido el género *Lockhartia*, son de edad eocena. Sin embargo, sitúa su aparición en el Cretácico superior y cita de este período *K. bermudezi* (*Lockhartia bermudezi* Cole, 1942) del continente americano. Smout considera el género *Laffiteina* como perteneciente a los elfídidos.

Haque en sus estudios sobre los materiales paléogenos de Pakistán (1956, 1958, 1960) describe los géneros *Soriella* (especie tipo: *S. schechlei*, 1960) y *Cincoriola* (especie tipo: *Punjabia ovoidea* Haque, 1956).

Reiss & Merling (1958) examinan la estructura de los géneros *Rotalia*, *Ammonia*, *Asterorotalia*, *Pararotalia*, *Calcarina*, *Cuvillierina* y *Notorotalia*. Afirman que existe una utilización inadecuada y confusa de ciertos términos estructurales de la concha de los rotálidos, debido a la interpretación errónea de estos elementos. Los autores describen como elementos estructurales a utilizar en la caracterización de los géneros antes mencionados: la abertura, la presencia de labios, *toothplates*, pliegue septal y canales. Describen un nuevo género, *Pseudorotalia* (especie tipo: *Rotalia schroereriana* Parker y Jones, 1865), y consideran el género *Neorotalia* sinónimo de *Pararotalia*, como ya había hecho Hofker, en 1957.

Hofker (1959) cita y figura una nueva especie del Cretácico superior del sudoeste francés que podría guardar relación con los rotálidos estudiados en este trabajo. Sin embargo, la poca precisión de los dibujos de sus secciones impide hacer una valoración adecuada de esta especie: *Rosalina parasupracretacea*. Además, cita en los sedimentos del Cretácico superior *Rotalia saxorum* d'Orbigny, *Rotalia trochidiformis* Lamarck y *Lockhartia roestae* (Visser).

Drogger (1960) publica sus trabajos sobre rotálidos del Paleoceno de la Guayana Francesa, aunque incorpora material procedente de otras áreas y períodos de tiempo. En el primer trabajo describe el género *Storsella* (*Cibicides*

*haastersi* Van den Bold) caracterizado principalmente porque, a diferencia de los demás rotálidos, el lado dorsal es más involuto que el ventral, sugiriendo que la especie cretácica *Lockhartia roestae* (Visser) pertenece también a este género. Además, estudia el género *Rotalia* e indica que bajo *Rotalia s.l.* se pueden diferenciar, en el Terciario inferior, dos grupos distintos, representados por: **Tipo I.** *R. trochidiformis*, que presenta una masa umbilical fisurada, pero sin separación entre esta y las cámaras. Este grupo se extendería del Cretácico superior al Terciario inferior. **Tipo II.** *R. algeriana* Magné y Sigal y *R. primitiva* Cushman y Bermudez del Cretácico superior; *R. hensoni* Smout y *R. sigali* Drooger del Paleoceno; *R. cushmanni* Applin y Jourdan, y *R. orientalis* Cushman y Bermudez del Eoceno. En este grupo la masa umbilical estaría separada por una fisura de las cámaras, pero la masa no estaría fisurada.

En el segundo trabajo describe el género *Smoutina* (especie tipo: *S. cruysi*), que se caracteriza por una masa ventral con marcados canales verticales y canales espirales ramificados, lo que le diferenciaría tanto de *Rotalia* como de *Kathina*. El nuevo género forma parte, según el autor, del grupo de rotálidos primitivos y es morfológicamente intermedio entre los géneros antes citados. Drooger reasigna la especie americana *Lockhartia bermudezi* como *S. bermudezi*, con lo que el género *Smoutina* tendría su aparición en el Cretácico superior. La identidad de la especie también cretácica *K. jamaicensis* (Cushman y Jarvis) la da como dudosa.

En el tercer trabajo entabla una discusión para establecer una posible conexión filogenética de los foraminíferos rotálidos *s.l.* y da una clave para su determinación a nivel genérico.

Brönnimann y Wirz (1962) describen dos nuevos géneros bajo el título de “rotálidos” para el Maastrichtiense inferior de Iran y Libia: *Sirtina* y *Vanderbeekia*, aunque estos géneros no serán tenidos en cuenta ya que no pertenecen a la familia Rotaliidae; recientemente, Hottinger y Caus (comunicación personal) han situado estos géneros en la subfamilia Clypeorbininae Sigal, 1952.

Reiss (1963) hace una descripción detallada de la familia Rotaliidae e incluye en ella los géneros: *Rotalia*, *Smoutina*, *Kathina*, *Lockhartia*, *Sakesaria*, *Dictyokathina*, *Dictyoconoides*, *Ammonia*, *Asterorotalia* y *Pseudorotalia*. Crea la subfamilia Pararotaliinae para incluir los géneros *Pararotalia* (considera *Neorotalia* como sinónimo), *Cuvillierina* y *Laffiteina*, aunque la considera perteneciente a la familia Miscellanidae Sigal, 1952. Además, el autor estudia las posibles relaciones filogenéticas entre los géneros.

Loeblich y Tappan (1964) dividen la familia Rotaliidae Ehremberg en dos subfamilias: Rotaliinae Ehremberg, 1839 y Cuvillierininae Loeblich y Tappan, 1964. En la primera incluyen los géneros *Rotalia*, *Ammonia*, *Asanoina*, *Asterotalia*, *Dictyoconoides*, *Dictyokathina*, *Kathina*, *Lockhartia*, *Pararotalia*, *Pseudorotalia*, *Sakesaria* y *Smoutina*. La segunda comprende los géneros *Cuvillierina*, *Daviesina*, *Storsella* y otros géneros, como por ejemplo *Pseudosiderolites*, que no corresponden al mismo grupo.

En 1966, Hottinger hace un repaso de los macroforaminíferos de los sedimentos cretácicos de la Sierra del Montsec en la sección de Terradets. Identifica tres tipos estructurales de rotálidos de gran tamaño que relaciona con los tipos de los géneros *Kathina*, *Rotalia* y *Pseudorotalia*. El primero es considerado un género nuevo, *Orbitokathina* (especie tipo: *Orbitokathina vonderschmitti*), mientras que los otros dos son relacionados, aunque con ciertas dudas, con los tipos estructurales de los géneros *Rotalia* y *Pseudorotalia*, aunque se trataría de nuevas especies (*R. reicheli* y *P. schaubi*, respectivamente). Según Hottinger, los rotálidos descritos provienen de la capa 8, correspondiente a los sedimentos margo-calcáreos situados entre los bancos de rudistas y de los sedimentos margoarenosos superiores (véase fig. 2 *op cit.*), que considera probablemente equivalentes al horizonte de Tragó de Noguera (Schlumberger, 1899). En capas superiores de la misma sección (capas 9 a 11) identifica una nueva forma de rotálido ornamentado que atribuye a *Pararotalia tuberculifera* (Reuss).

Según Hottinger la estructura interna de *R. reicheli* es idéntica de *R. trochidiformis* Lamarck, pero llama la atención el gran diámetro del espacio espiral y de los espacios intraseptales, los cuales se prolongan en el lado



umbilical hacia las fisuras abiertas en el umbilicus en las formas macrosféricas. Además, según el autor, la comparación es difícil porque no se han descrito formas macrosféricas de *Rotalia* s. st. No obstante, compara las nuevas formas A con las descritas como *R. saxorum* D'Orbigny y *R. trochidiformis* por Hofker (1959) y *R. hensoni* y *R. dukhani* por Smout (1954).

En el caso de *P. schaubi*, el autor sostiene que con los escasos ejemplares microséricos de que dispone resulta imposible la reconstrucción completa de la estructura que se desarrolla en las formas adultas y, en consecuencia, parece más acertado la asignación de la nueva especie al género neógeno *Pseudorotalia*, aunque indica que se separa de este por la soldadura de los labios plegados y por tener apilamientos de láminas formando un botón. Compara los especímenes de la Serra del Montsec con las formas americanas *R. vanbelleni* (Van den Bold) y *Siderolites vanbelleni* Brown y Brönnimann, diferenciándose de la primera por la zona umbilical y de la segunda por la ausencia de las fuertes espinas que presenta la forma americana. Sostiene también que *P. schaubi* no presenta ninguna relación con los géneros europeos *Siderolites* y *Pseudosiderolites*.

En lo que concierne al nuevo género *Orbitokathina*, la estructura ventral de las formas A es similar a los rotálidos del grupo *Smoutina*, *Kathina* y *Dictyokathina*, en especial a las formas americanas citadas como *S. bermudezi* (Cole), *S. cruysi* Drooger y *K. delseolata* Smout, pero las formas B presentan camarillas orbitoidales con un sistema de estolones en diagonal, lo que según el autor justifica la creación de un nuevo género.

Torre estudia, en 1966, los foraminíferos del Cretácico superior del sur de Nápoles (península de Sorrento) y describe bajo el nombre de *Rotorbinella scarsellai* una nueva especie, cuyos dibujos y fotografías parecen indicar que se trata de un rotálido. El autor discute la pertenencia de esta nueva especie al género *Rotorbinella* y cita las diferencias y similitudes con varias especies del género *Rotalia*.

Gendrot (1968) cita en el Cretácico superior del área de Martigues (SE de Francia) *Rotalia reicheli* Hottinger.

Parvati (1971) describe el género *Medocia* (especie tipo. *M. blayensis*), del Paleógeno de Pakistán.

Hansen & Reiss publican, en 1971, sus investigaciones sobre la ultraestructura de la concha de varios foraminíferos de la superfamilia Rotaliacea: *Ammonia*, *Pseudorotalia*, *Pararotalia*, *Calcarina*, *Operculina*, *Elphidium*, *Cellanthus*, *Asterorotalia* y *Rotalia*, llegando a la conclusión de que todos los géneros examinados tienen la misma estructura primaria de la pared, siendo esta idéntica, en principio, con la de los otros grupos de foraminíferos bilamelares (Robertinacea, Globigerinacea, Orbitoidacea, Anomalinacea y Cassidulinacea *p.p.*). Citan también que todas las especies presentan placas en el foramen, a excepción de *Rotalia*. Además *Ammonia*, *Pseudorotalia*, *Pararotalia* y *Asterorotalia* presentan una placa cubriente (*cover plate*) asociada a la placa del foramen (*foraminal plate*).

Müller- Mertz (1980) hace un análisis estructural de algunos rotálidos terciarios y recientes, realizando secciones seriadas y reconstruyéndolas en modelos tridimensionales. Llega a la conclusión de que entre los representantes de la subfamilia Rotaliinae Ehremberg, 1839, los géneros *Rotalia* y *Lockhartia* del Paleógeno deben separarse de los neógenos y recientes *Ammonia*, *Asterorotalia* y *Pseudorotalia*. Las cámaras de los géneros paleógenos están, según la autora, cerradas primariamente en el lado umbilical mediante una placa umbilical, mientras que en los segundos están cerradas secundariamente por medio de una placa cubriente (*cover plate*). Define, en este último grupo, un nuevo género, *Cavarotalia* (especie tipo: *Rotalia annectens* Parker & Jones).

Paralelamente al trabajo de Müller- Mertz, Billmann, Hottinger y Oesterle (1980) estudian los rotálidos de la Cuenca de Kutei (sudeste asiático). Utilizan para el estudio nuevas técnicas, que consisten en la construcción de moldes artificiales de las cavidades de la concha de los foraminíferos, con objeto de mejorar la observación de las estructuras internas (sistema de canales y elementos endoesqueléticos) y poder distinguir unos géneros de otros. Estudian los géneros *Ammonia*, *Asterorotalia*, *Cavarotalia* y *Pseudorotalia*.

Además describen el nuevo género *Challengerella* (especie tipo *Challengerella brady*). Los resultados obtenidos les permiten establecer una escala biostratigráfica para los sedimentos estudiados, que va del Mioceno medio al Holoceno, así como conocer detalles sobre la distribución paleoambiental y paleogeográfica de los rotálidos y faunas asociadas. Es de destacar en la publicación las magníficas fotografías y modelos ilustrativos de cada género y sus respectivas especies.

Tronchetti (1981), en su tesis doctoral sobre la sistemática y biostratigrafía de los foraminíferos cretácicos de Provenza, describe *Rotalia mesogeensis* del Cenomaniense, considerándolo el primer género del grupo en el registro fósil. Este autor cita la similitud de *R. mesogeensis* con *R. algeriana*, pero indica que esta última especie, que aparece en el límite Turoniense-Coniaciense, es de mayor tamaño y no presenta “tubérculos periumbilicales individualizados”. Cita también *Rotalia reicheli* en el Santoniense.

Sirel, Gündüz y Acar (1983) describen, en el Tanetiense de Turquía, una nueva especie de rotálido que atribuyen al género *Orbitokathina* Hottinger. Esta nueva forma, *O. sarayi*, se caracteriza por presentar un fuerte dimorfismo. La forma macrosférica, de pequeño tamaño, presenta una morfología lenticular y disposición trocospiral de las cámaras. La forma microsférica presenta un estadio juvenil con cámaras dispuestas trocospiralmente y espira múltiple, pasando posteriormente a un crecimiento orbitoidal.

Hasson (1985) describe los géneros paleógenos *Redmondina* (especie tipo: *R. henningtonii*) y *Reedella* (especie tipo: *R. radhumaensis*), de Arabia Saudita.

Lévy *et al.* (1986) publican un artículo en el que proponen la desaparición de la familia Rotaliidae y la inclusión de las formas contenidas en ella en la familia Discorbidae. Según los autores, esta reclasificación sería necesaria después de observar que las formas de ambas familias comparten unas mismas características y estructuras internas, sólo que unas más desarrolladas que otras.

Loeblich y Tappan (1987) aceptan las dos nuevas subfamilias: Pararotaliinae Reiss, 1963, y Ammoniinae Saidova, 1981. Incluyen también los nuevos géneros descritos hasta el momento.

Haynes y Whittaker (1990) analizan los caracteres morfológicos del rotárido terciario *Rotalia trochidiformis* y descartan la idea de Lévy *et al.* (1986), reafirmando la existencia de la familia Rotaliidae. Postulan que las características morfológicas de este rotárido varían según su estado ontogénico y que, debido a este hecho, hace falta distinguir que caracteres pueden utilizarse para su descripción y cuales no. En este artículo queda muy patente la poca uniformidad y confusión existente en la utilización de los términos para describir los elementos estructurales de los foraminíferos rotáridos, llegando a dar, en el mismo artículo, distintos nombres a una misma estructura.

Hottinger, Halicz y Reiss (1991) estudian la arquitectura de *Rotalia inermis* Terquem (especie tipo de *Pararotalia*) y de *Rotalia mexicana* Nuttall (especie tipo de *Neorotalia*). Según estos autores, ambos géneros tienen de común: 1. Una cavidad umbilical cerrada por un botón umbilical que puede ser simple o compuesto; 2. Una abertura extraumbilical marginal interior, que está restringida por una placa (*toothplate*), cuyo flanco libre penetra en la abertura y da lugar a un canal espiral umbilical; 3. Pliegue septal (*septal flap*) y espacios interoculares intraseptales. No obstante, *R. mexicana* posee un sistema de canales envolvente similar al de los representantes de la familia Calcarinidae, por lo que, a diferencia de lo expuesto en publicaciones anteriores, ambos géneros son válidos. Redefinen la subfamilia Pararotaliinae. Estos autores citan la presencia de *Pararotalia* en los materiales del Coniaciense superior-Santonense inferior de la Sierra del Montsec, conjuntamente con *Rotalia*, *Kathina* y *Orbitokathina*.

En 1991, Sirel crea un nuevo género de foraminífero lamelar perforado del Maastrichtiense, *Cideina* (especie tipo: *Cuvillierina soezerii* Sirel, 1973). Las fotografías publicadas por Sirel, sugieren que se trata de un género de morfología compleja, que puede desarrollar camarillas orbitoidales y un sistema

envolvente de canales. Aunque no parece tratarse de un rotárido, tampoco se trata de un representante de la familia Lepidorbitoididae Vaughan, 1933.

Hottinger y Caus (1993) estudian la estructura de *Praestorrsella roestae* (Visser) y transfieren el género *Praestorrsella* Gowda, 1978, de la familia Rotaliidae a la Glabratellidae.

Sirel (1996) describe varias especies del género *Laffiteina* del Maastrichtiense y Paleoceno de Turquía. El mismo autor (Sirel, 1998) realiza una monografía sobre los sedimentos del Paleoceno-Eoceno de Turquía, cita y figura los siguientes géneros de rotálidos: *Soriella* Haque, *Thalmanita* Bermudez, *Cincoriola* Haque, *Smoutina* Drooger, *Lockhartia* Davies, *Sakesaria* Davies, *Dictyokathina* Smout, *Orbitokathina* Hottinger. Los géneros *Cuvillierina* Debourle y *Laffiteina* Marie son considerados de la familia Miscellaneidae Sigal, 1952, al igual que el nuevo género descrito: *Pseudocuvillierina* (especie tipo *P. sireli* Inam, 1988). Aunque la monografía está dedicada principalmente a los foraminíferos terciarios, el autor se refiere también al límite Cretácico-Terciario; cita y figura varias especies de *Laffiteina* del Maastrichtiense: *L. mengaudi* (Astre, 1923), *L. conica* (Drooger, 1952), *L. erki* (Sirel, 1969) y *L. koyulhisarica* (Sirel, 1996).

Revets (2001) establece una discusión sobre los especímenes utilizados por Bandy en 1944 para establecer el género *Rotorbinella*. Hace un resumen de los trabajos anteriores sobre estos mismos especímenes y sobre las discusiones acerca de en que grupo debían ser clasificados. Según Revets, observando los especímenes desde el exterior, puede deducirse la presencia de *cover plate*, lo que confirma la naturaleza rotárida de este taxón.

Recientemente, la autora de este trabajo (Boix, 2004) estudió en detalle los sedimentos del Coniaciense superior-Santoniense inferior e identificó los taxones definidos por Hottinger (1966), sugiriendo que la pertenencia a los géneros *Rotalia* y *Pseudorotalia* de *R. reicheli* Hottinger y *P. schaubi* Hottinger, respectivamente, debería ser estudiada.

## CAPÍTULO VI

*Características de los  
foraminíferos pertenecientes a la  
familia Rotaliidae: Terminología  
empleada para su descripción.*

## VI. CARACTERÍSTICAS DE LOS FORAMINÍFEROS PERTENECIENTES A LA FAMILIA ROTALIIDAE: TERMINOLOGÍA EMPLEADA PARA SU DESCRIPCIÓN.

### a. Introducción

La descripción y comparación de las características de los foraminíferos de la familia Rotaliidae requiere la utilización de una terminología adecuada que pueda ser comprendida por los lectores. Esta terminología, no obstante, dista mucho de estar unificada entre los investigadores, por lo que muchas veces, durante la realización de este trabajo, ha sido imposible cerciorarse de si se está o no ante elementos comparables. Con objeto de evitar estos problemas, recientemente se propuso un glosario ilustrado de los términos que deberían utilizarse en la descripción de los foraminíferos con objeto de ser consensuados (Hottinger, 2006). Este glosario es consultable en Internet<sup>1</sup> y, a la descripción de los términos por orden alfabético, se añaden ilustraciones que aclaran y hacen más comprensible los mismos.

La consulta de este glosario se ha considerado una herramienta muy útil para el estudio de los rotálidos, por lo que en este trabajo se presenta un resumen explicativo adaptado a este grupo de foraminíferos. Este resumen se realiza en castellano y se remite a los lectores anglófonos directamente al *Illustred glossary of terms used in foraminiferal research*<sup>1</sup>. Para facilitar su comprensión los términos españoles se han escrito en negrita y se han acompañado de su homólogo en inglés, en mayúscula y cursiva. En algunos casos los términos son ya clásicos y son conocidos por los investigadores, pero en otros han sido traducidos intentando encontrar en español la palabra con el significado más idóneo.

En la redacción se ha seguido un orden práctico y no jerárquico, analizándose las siguientes características: la pared de la concha, el tipo de crecimiento y disposición de las cámaras, los elementos endosqueléticos y el esqueleto suplementario.

<sup>1</sup>. [http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006\\_M02/index.html](http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006_M02/index.html)

### b. La pared de la concha:

Los foraminíferos pertenecientes a la familia Rotaliidae presentan una concha de textura lamelar (bilamelar). La formación de una concha lamelar implica un proceso de biomineralización, el cual tiene lugar exteriormente al cuerpo protoplasmático. La mayoría de teorías actuales apuntan a una biomineralización *in situ* controlada por una plantilla orgánica o *template* donde los cristales de calcita crecen a partir de un precipitado orgánico (ver fig.6.1). El crecimiento de estos cristales está limitado por material orgánico, que interrumpe el contacto de los cristales con el fluido a partir del cual se forma. El material orgánico es también el responsable de que no haya precipitación de cristales en ciertas partes de la pared, lo que da lugar a los poros.

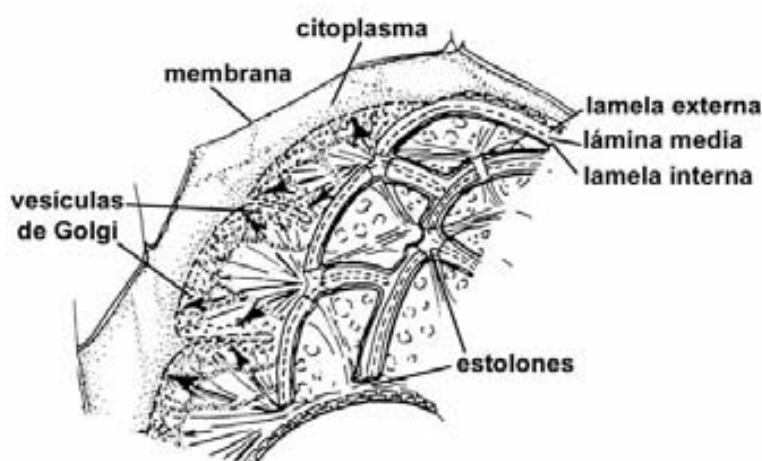


Figura 6.1. Ejemplo de la formación de una nueva generación de cámaras en un foraminífero lamelar-perforado. (De Hottinger, 1978)

Las conchas lamelares están formadas por capas o **lamelas** (*LAMELLA*) y el proceso de biomineralización extracelular de capas orgánicas se denomina **lamelación** (*LAMELLATION*). La precipitación de los cristales de calcita puede tener lugar en un solo sentido (**foraminíferos monolamelares**) o en dos (**foraminíferos bilamelares**): hacia el exterior (dando lugar a la **lamela externa**; *OUTER LAMELLA*) y hacia el interior (dando lugar a la **lamela interna**; *INNER LAMELLA*), respectivamente. La capa orgánica preservada entre ambas recibe el nombre de lámina media (Fig. 6.2, b y c).



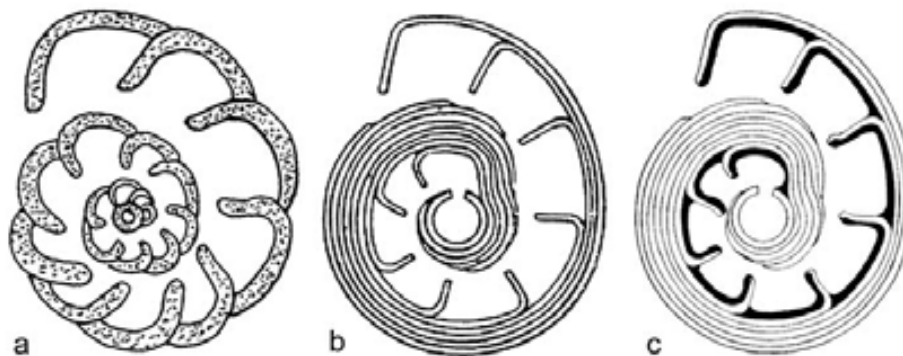


Figura 6.2. Ejemplo de una concha no- lamelar (aglutinada o porcelanada)(a), una concha monolamelar (b) y una concha bilamelar (c). Nótese como las lamelas de las nuevas cámaras van cubriendo parcialmente las cámaras previamente formadas. (Según Loeblich y Tappan, 1964 y Reiss, 1957)

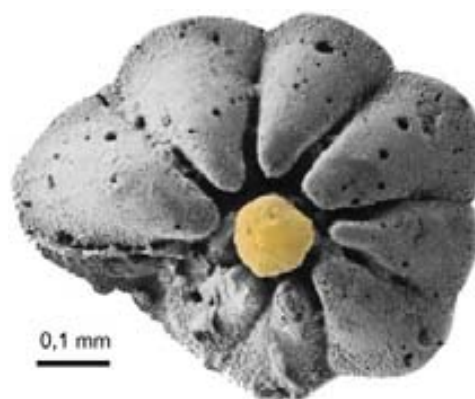
La presencia de lamelas en la pared de la concha diferencia a estos foraminíferos del resto, los cuales son denominados, en oposición, no lamelares. Las conchas lamelares corresponden a los foraminíferos denominados tradicionalmente, por su aspecto, hialinos, mientras los foraminíferos aglutinados y porcelanados tienen conchas no lamelares. En lámina delgada, las secciones de conchas hialinas son oscuras en luz incidente, pero al observarlas con luz reflejada tienen un aspecto translúcido y brillante muy característico, lo que permite diferenciarlas fácilmente de las demás texturas presentes en las mismas láminas delgadas.

En los foraminíferos lamelares, al formarse cada nueva cámara, la nueva lamela crece de manera que recubre una parte o la totalidad de la concha anteriormente formada, lo que da lugar a una **lamelación secundaria** (posterior a la formación de la cámara; *SECONDARY LAMELLATION*). En las conchas bilamelares, la lamela interna tapiza la superficie interna de la cámara, mientras la lamela externa recubre la parte de la concha anteriormente formada que aún está expuesta. La presencia de lamelas secundarias superpuestas da a la concha de estos foraminíferos un aspecto laminado y el fenómeno se denomina **laminación** (*LAMINATION*) (nótese la diferencia entre lamelación y laminación).

Los engrosamientos producidos por la superposición de lamelas secundarias en las paredes laterales de las cámaras o porciones de estas reciben el nombre de **apilamientos de láminas** (*PILES*); cuando los

apilamientos de láminas forman una única estructura sólida y densa, más o menos libre, en el centro del umbilicus, se denomina **botón umbilical** (*UMBILICAL PLUG*) (Fig. 6.3).

Fig. 6.3. Vista ventral de *Pararotalia inermis* (Terquem), Luteciense de la Cuenca de París. Puede observarse que las dos últimas cámaras no están presentes. En color naranja se ha resaltado el botón umbilical, sólido, ocupando la parte central de la cavidad umbilical. (Extraído de Hottinger *et al.* 1991)



El crecimiento lamelar implica la presencia de **poros** (*PORES*), ya que la densa disposición de los cristales de calcita, generalmente dispuestos de manera que su eje óptico se orienta de manera radial a la superficie de la concha, impide el intercambio de moléculas gaseosas con el exterior (Fig. 6.4). Los poros son zonas de la concha de forma tubular, donde no se produce precipitación de carbonato cálcico. En algunos géneros los poros pueden presentar internamente tabiques, mientras en otros los poros presentan diferente morfología en su extremo proximal y distal (Fig. 6.5). La distribución de los poros en la superficie de la concha de los foraminíferos es muy variable, distinguiéndose zonas perforadas e imperforadas.

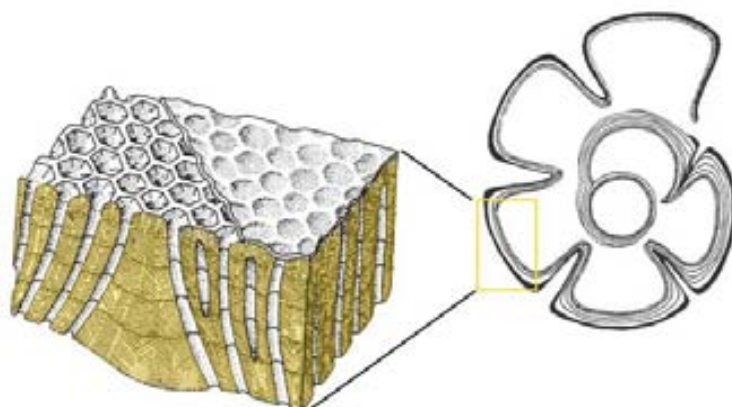


Fig. 6.4. Esquema tridimensional de un fragmento de concha de un foraminífero hialino. Nótese, en naranja, la disposición de las lamelas y como estas son atravesadas verticalmente por los poros. (Modificado de Hottinger, 1977)

Durante la vida del foraminífero los poros están cerrados por materia orgánica, lo que indica que sirven únicamente para el intercambio de moléculas gaseosas entre el protoplasma del interior de la cámara y el medio exterior, y que en ningún caso sirven para la salida del protoplasma cameral. La presencia

o ausencia de poros permite dividir los foraminíferos en dos grandes grupos: **imperforados** (*NON PERFORATED*) y **perforados** (*PERFORATED*). Los foraminíferos imperforados son no lamelares y comprenden los foraminíferos aglutinados y porcelanados. Los foraminíferos lamelares son perforados y comprenden únicamente los foraminíferos hialinos.

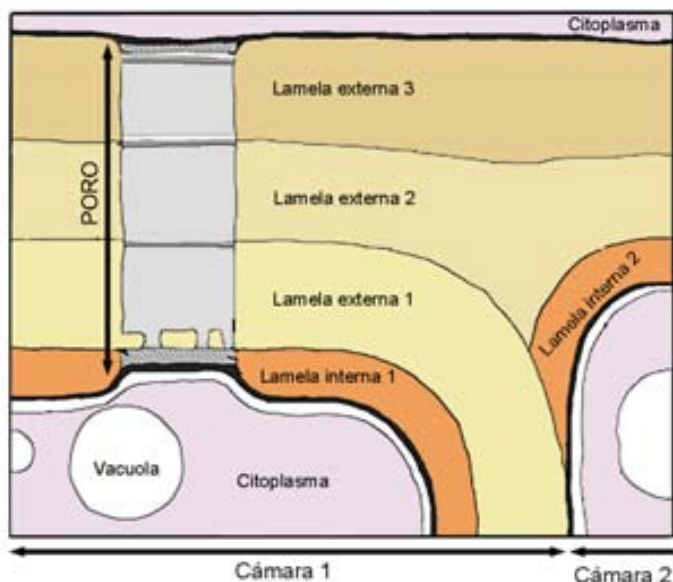


Fig.6.5. Esquema del poro de la concha de un foraminífero lamelar-perforado: sus constituyentes orgánicos e inorgánicos. En naranja, las lamelas internas de dos cámaras sucesivas. En tonos crudos, las sucesivas lamelas externas. El espacio ocupado por el poro permanece relleno de materia orgánica mientras el foraminífero está en vida, permitiendo solo el intercambio gaseoso entre el interior y el medio. (Modificado de Leutenegger, 1977)

### c. Tipo de crecimiento y estructura de la concha

Los foraminíferos rotálidos presentan una arquitectura trocospiral: sus cámaras se disponen en vueltas de espira en las que la tasa de traslación es mayor que cero. Esto genera una morfología asimétrica de las conchas, dando lugar a un **lado dorsal** (*DORSAL SIDE*) y un **lado ventral** (*VENTRAL SIDE*) (Fig. 6.6). Las conchas con disposición de las cámaras trocospiral pueden ser evolutas e involutas, tanto en el lado dorsal como en el ventral. El lado dorsal es el lado de la concha de un organismo que se encuentra más alejado del substrato, y coincide, en la mayoría de los foraminíferos, con la cara que contiene el prolóculo, llamada también **cara espiral** (*SPIRAL FACE*). La cara opuesta, **cara umbilical** (*UMBILICAL FACE*), contiene el **umbilicus** (*UMBILICUS*) y se encuentra en posición ventral. El límite entre ambos lados es el borde periférico o periferia, que puede estar engrosado y dar lugar a una **carena** (*KEEL*); en las conchas bilamelares la carena está formada únicamente de lamelas externas imperforadas.



Fig. 6.6. Dibujos de la cara espiral (izquierda) y la cara umbilical (derecha) de la forma macrosférica de *Rotalia (Iberorotalia n.gen.) reicheli*. (De Hottinger, 1966).

La mayoría de conchas espiraladas presentan espira simple, pero algunas formas planispirales y trocospirales pueden producir **espiras múltiples** (*MULTIPLE SPIRALS*); es decir, espiras suplementarias que crecen al mismo ritmo que la espira primaria (Fig. 6.7). Las espiras múltiples han sido observadas en varios grupos de foraminíferos, entre ellos los rotálidos (*Dictyokathina*, *Dictyoconoides*).

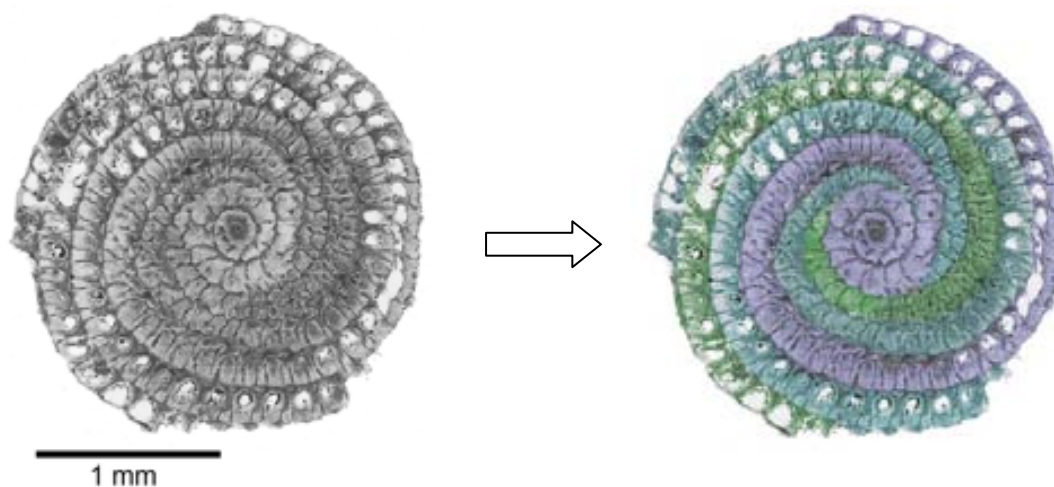


Fig. 6.7. Sección transversal de un espécimen megalosférico de *Dictyokathina simplex* SMOUT (Qatar, Paleoceno). Nótese la disposición de las cámaras en espiras múltiples. En la fotografía de la derecha la espira principal se ha señalado de color violeta. Las distintas espiras suplementarias se resaltan en color azul y verde. (Modificado de Hottinger, 2006).

Algunos foraminíferos rotálidos pueden presentar, en estado adulto, un **crecimiento orbitoidal** (*ORBITOIDAL GROWTH*), que consiste en la disposición de una capa de camarillas anulares dispuestas alternadamente en

dirección radial (Fig. 6.8). Cada camarilla se comunica con la camarilla anterior y previa a través de un sistema de estolones diagonales.

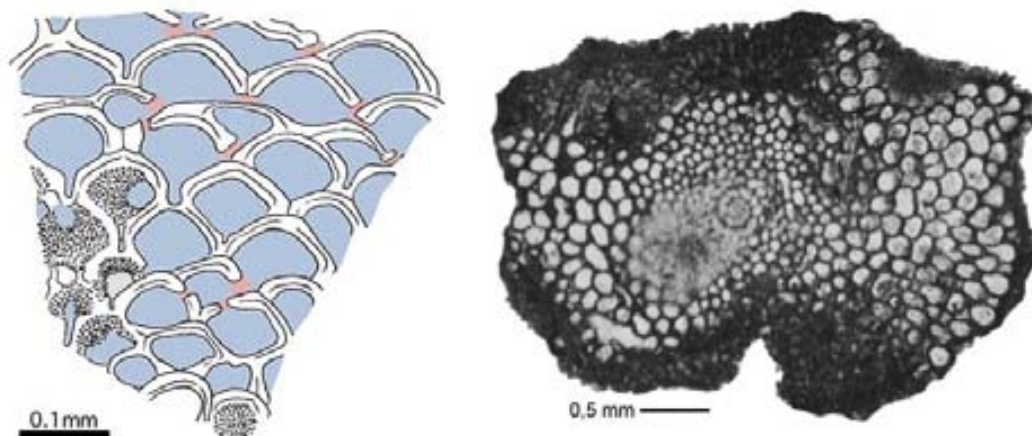


Fig. 6.8. Dibujo en cámara clara de una sección ligeramente oblicua de las cámaras ecuatoriales de un foraminífero con crecimiento orbital. En azul, los lúmenes camerales; en rosado, algunas de las aberturas (Modificado de Aguilar *et al.* 2002). A la derecha, sección transversa de *Orbitokathina vonderschmitti*, forma B, en la que puede distinguirse claramente el crecimiento de tipo orbital que desarrolla en su estado adulto (De Hottinger, 1966).

La arquitectura de la concha de los foraminíferos refleja el tipo de reproducción de estos organismos, con la coexistencia de dos morfotipos distintos (**dimorfismo- DIMORPHISM**), que representan generaciones diferentes en el ciclo vital de una misma especie. El diámetro de la protoconcha es grande (megalosférico o forma A) cuando el protoplasma del agamonte y sus simbioses se distribuyen entre los descendientes clonados. El diámetro de la protoconcha es pequeño (microsférico o forma B) cuando las gametas de los gamontes se fusionan en parejas para formar cigotos sin el protoplasma ni los simbioses maternos.

Algunas veces, el ciclo reproductivo puede caracterizarse por una alteración facultativa de generaciones: en algunas especies, el ciclo vital incluye ciclos asexuales sucesivos que comportan reproducción por fisión múltiple, dando lugar a tres morfotipos distintos (trimorfismo- **TRIMORPHISM**) (Fig. 6.9). Cuando esto sucede, el agamonte (B) empieza como cigoto, y es diploide. El agamonte puede producir mediante meiosis y múltiple fisión los gamontes ( $A_2$ ). Alternativamente, el agamonte (B) también puede producir, mediante múltiple fisión, una segunda generación asexual, el esquizonte ( $A_1$ ),

que a la vez puede producir sucesivas generaciones asexuales. El tipo de divisiones nucleares que realizan los esquizontes no ha podido ser documentado (Goldstein, 1999).

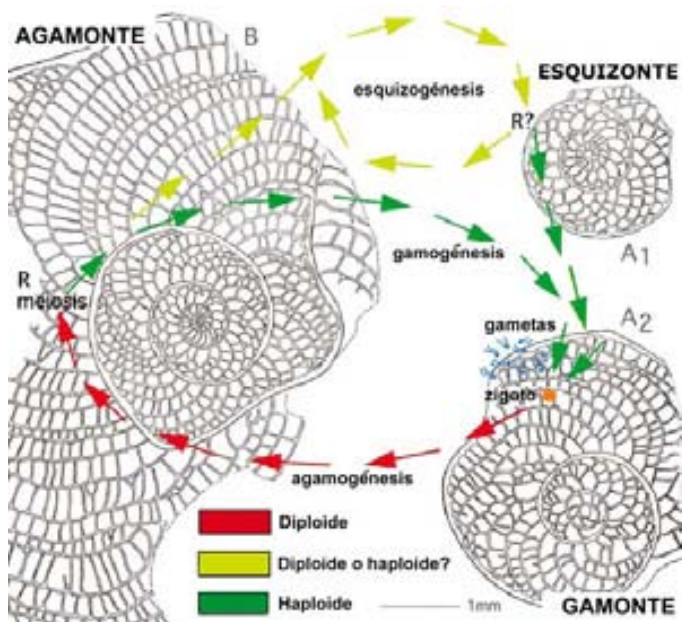


Fig. 6.9. Esquema del ciclo reproductivo dimórfico (ciclo verde y rojo) y trimórfico (ciclo amarillo, verde y rojo) de un macroforaminífero. (De Hottinger, 1977, 2006).

#### d. La estructura cameral

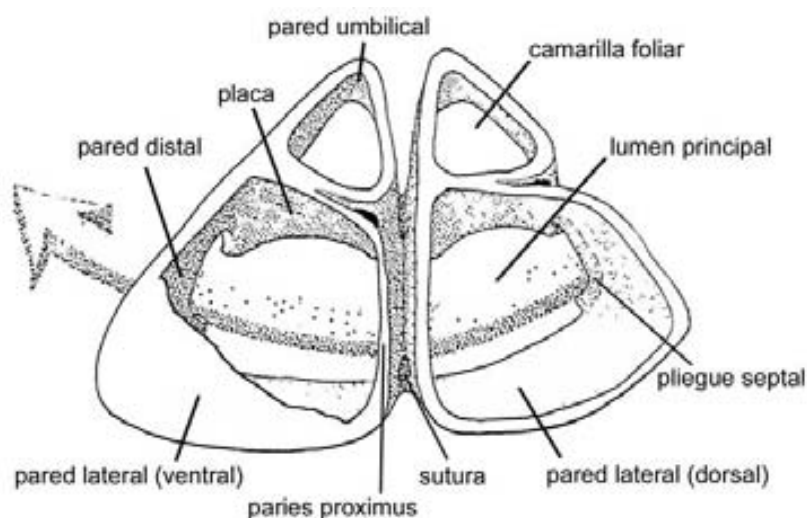
En cada paso de crecimiento de la construcción de una concha, se forma un compartimiento o **cámara** (*LOCULUS /CHAMBER LUMEN*), limitada del medio externo por la pared externa. La **cavidad cameral** o **lumen** está ocupada por protoplasma y tapizada interiormente por una **capa orgánica** (*ORGANIC LINNING*). El término cavidad cameral se utiliza para distinguir, en particular, el "interior" del "exterior" de una cámara; es decir, entre los espacios intra e intercamerales.

El orificio (ú orificios) por el que sale el protoplasma desde el interior de la concha al exterior para formar una nueva cámara se denomina **abertura** (*APERTURE*). La abertura es **primaria** si se forma en el mismo momento que la pared de la cámara y **secundaria** si se forma posteriormente por reabsorción. La pared de la cámara que rodea la abertura puede presentar una extensión imperforada llamada **labio** (*LIP*). La pared de la cámara que contiene la abertura se denomina **cara apertural** (*APERTURAL FACE*), la cual se convierte en **septo** (*SEPTUM*) al formarse la cámara siguiente.

La marca resultante en el exterior de la concha por la inserción del septo es la **sutura septal** (*SEPTUM SUTURE*). Cuando la abertura queda cubierta por la cámara siguiente se convierte en **foramen** (*FORAMEN*), pudiendo su morfología variar mediante la reabsorción selectiva de sus márgenes o por la proximidad de elementos endoesqueléticos.

La morfología de una cámara puede ser muy diversa, distinguiéndose en ella una **pared distal** (*DISTAL CHAMBER WALL*), una **proximal** (*PROXIMAL CHAMBER WALL* or *PARIES PROXIMUS*), una **umbilical** (*UMBILICAL CHAMBER WALL*), y dos **laterales** (*LATERAL CHAMBER WALL*): la pared lateral **dorsal** y la pared lateral **ventral** (Fig. 6.10). La pared distal es la que contiene la apertura principal de la cámara y, juntamente con la pared posterior, formará el septo. La parte libre de esta pared posterior se conoce como la *paries proximus*. La pared lateral se denominará ventral si esta es visible desde la cara ventral de la concha y dorsal si lo es desde la cara dorsal.

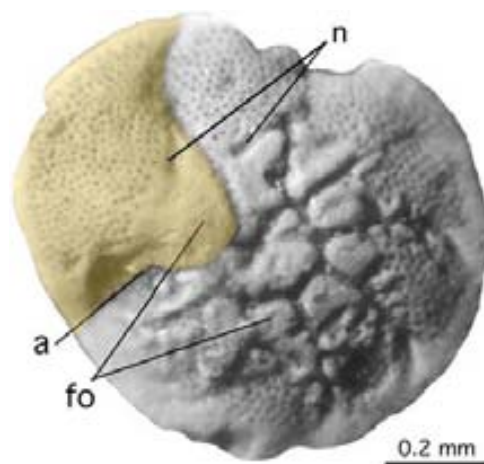
Figura 6.10. Esquema de dos cámaras consecutivas en un foraminífero rotárido en las que se indica la nomenclatura utilizada para designar cada una de las paredes de las cámaras. La flecha indica el sentido de crecimiento de la concha (Modificado de Hottinger, 2000).



Se denomina **folium** (*FOLIUM*) a una porción de la pared ventral de la cámara, generalmente de perfil triangular y a menudo diferenciada texturalmente (imperforada); el límite entre el folium y el resto de la pared de la cara ventral puede estar marcado con una **hendidura de la pared de la cámara en posición sutural** o **notch** (*SUTURAL NOTCH*) (Fig. 6.11). El folium está formado por las mismas lamelas que componen la pared de la cámara principal. Entre el margen anterior del folium y la vuelta previa adyacente existe una abertura, que recibe el nombre de abertura foliar.

Además, pueden haber aberturas umbilicales y/o aberturas posteriores, dependiendo de si los folia son libres, si están unidos por sus extremos o si lo están a lo largo de su margen posterior. En algunos géneros, como *Asterorotalia*, los folia pueden extenderse y fijarse sobre la cámara previa, y cubrir parcialmente los espacios interlocares intraseptales, si es que están presentes.

Figura 6.11. Vista ventral del foraminífero rotálido *Rotorbinella* sp., Paleoceno, procedente de Aquitania, Francia. En color amarillo se ha resaltado la última cámara. Puede distinguirse claramente una zona externa perforada y una interna imperforada, que corresponde al folium de la cámara. El conjunto de folium de la concha recibe el nombre de folia. a: abertura; fo: folia; n: notch sutural. (Modificado de Bassi *et al*, 2006).



La cavidad cameral puede estar total o parcialmente segmentada por elementos endoesqueléticos, diferenciándose una cavidad mayor o **cámara principal** (*MAIN CHAMBER LUMEN*) y otra u otras menores. Un caso particular de división es la formación de una **camarilla foliar** (*FOLIAR CHAMBERLET*), que ocupa la parte de la cámara limitada por el folium. La camarilla foliar está separada de la cámara principal por elementos endoesqueléticos, primarios o secundarios (ver fig. 6.10). La comunicación del lumen de la camarilla foliar con el de la cámara principal se realiza mediante una pequeña abertura situada en la misma placa o en su margen, llamada *loop-hole*. La comunicación de la camarilla con el exterior se realiza mediante la **abertura foliar** (*FOLIAR APERTURE*), que puede encontrarse a continuación de la abertura cameral principal o bien separada de esta, pero nunca se convierte en foramen intracameral.

#### e. Los elementos endoesqueléticos

Al formarse una nueva cámara, parte de su lamela interna cubre la cara septal de la cámara previa dando lugar al **pliegue septal** (*SEPTAL FLAP*).



Debido a la adherencia de esta lámina interna con las láminas primarias (interna y externa) de la cara apertural previa, el septo se convierte, secundariamente, en trilamelar (Fig. 6.12). El pliegue septal puede extenderse hacia las placas endoesqueléticas.

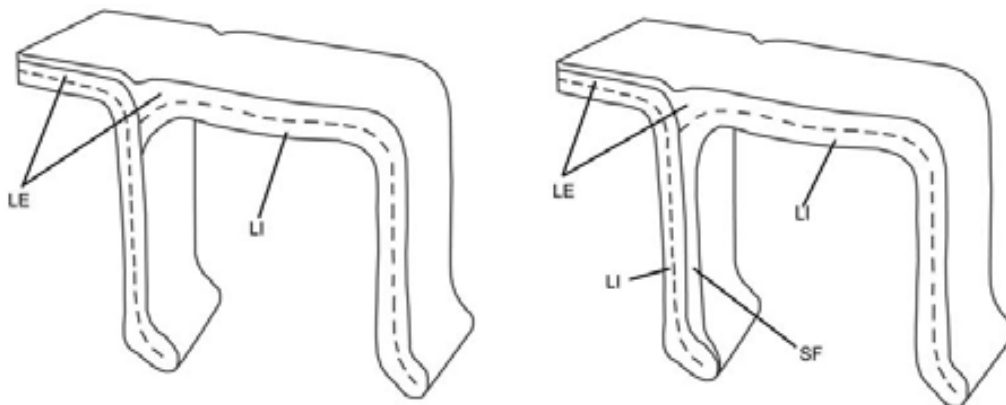


Fig. 6.12. Construcción bilamelar simple de una concha y construcción bilamelar con pliegue septal (*septal flap*). Nótese como, en esta última, la lamela interna recubre el septo previamente formado, dando lugar a un septo trilamelar. LE: lamela externa, LI: lamela interna, SF: pliegue septal. (Según Hansen 1999).

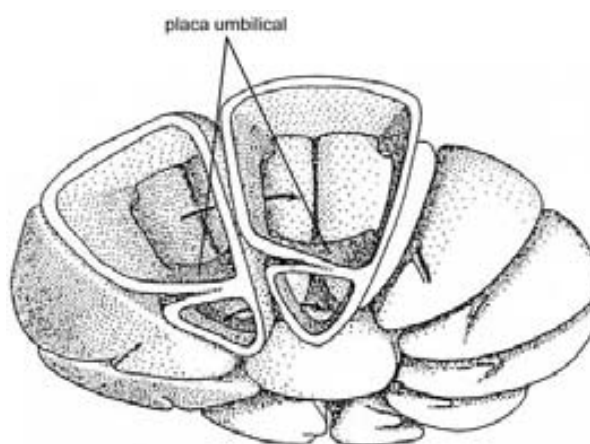
Se distinguen varios tipos de placas:

- La **placa dental** (*TOOTHPLATE*) es una estructura endoesquelética generada entre el foramen de la cámara previa y la abertura. La placa puede formar un pliegue simple, uno doble o tener una morfología espiralada, con un margen distal libre, a menudo serrado, que se introduce distalmente en la abertura. La *toothplate* separa parcial o totalmente el lumen principal de la cámara y un espacio axial en los estadios postembrionarios. Las placas dentales interconectadas pueden dar lugar, en las conchas umbilicadas con trocospira muy baja, a un canal espiral primario.

- La **placa umbilical** (*UMBILICAL PLATE*) es un elemento endoesquelético primario más o menos plano que se extiende entre las paredes distal y proximal de la cámara, uniendo a ambas. Se sitúa entre el foramen y la abertura principal, pero no sobresale de esta última. La placa umbilical separa el lumen de la cámara principal del canal umbilico- espiral (Fig.

6.13). En el caso de tener camarilla foliar existe una abertura que comunica esta y el lumen de la cámara principal, y se sitúa entre la placa y la vuelta adyacente o bien en la propia placa. La placa umbilical es simple en los rotálidos, pero en algunos géneros planispirales puede estar compuesta por dos placas simétricas, lo que da lugar a dos canales espirales umbilicales.

Fig. 6.13. Esquema de la concha de un foraminífero rotálido en el que puede observarse el interior de la última y penúltima cámara. En este caso puede verse como, en ambas cámaras, el lumen está dividido por una placa umbilical. (De Hottinger, 2000).



- La **placa del foramen** (*FORAMENAL PLATE*) es un pliegue primario, en la dirección de crecimiento, de la pared posterior lateral de la cámara, junto a un foramen simple. Es una continuación del pliegue septal que puede estar o no conectado con una placa cubriente (*cover plate*) en la cámara previa. (Fig. 6.14) Cuando lo está, separa los lúmenes de la cámara principal y de la camarilla foliar y el protoplasma cameral del protoplasma de los espacios intercamerales.

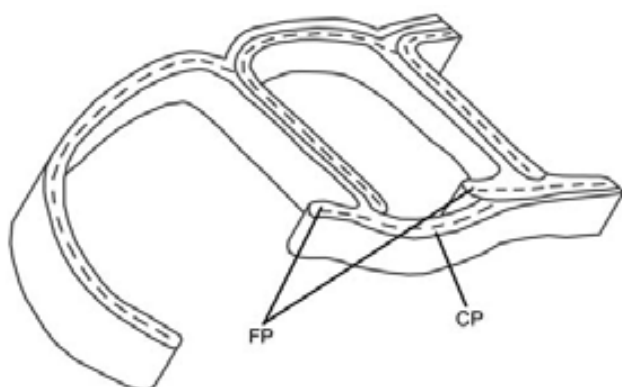


Fig. 6.14. Modelo de una placa cubriente (*cover plate*) asociada a la placa foraminal (*foraminal plate*). CP: Placa cubriente, FP: placa foraminal. (Extraído de Hansen, 1999)

- La **placa cubriente** (*COVER PLATE*) es una extensión imperforada del pliegue septal, más o menos replegada, que se introduce en la cámara

precedente a través del foramen intracameral, dividiendo el lumen de la cámara precedente en dos: el lumen principal de la cámara y una camarilla foliar. La placa cubriente puede encontrarse unida a la placa foraminal precedente.

Se trata de un carácter secundario, nunca presente en la última cámara y, por lo tanto, no homologable a una placa foraminal o a una placa umbilical.

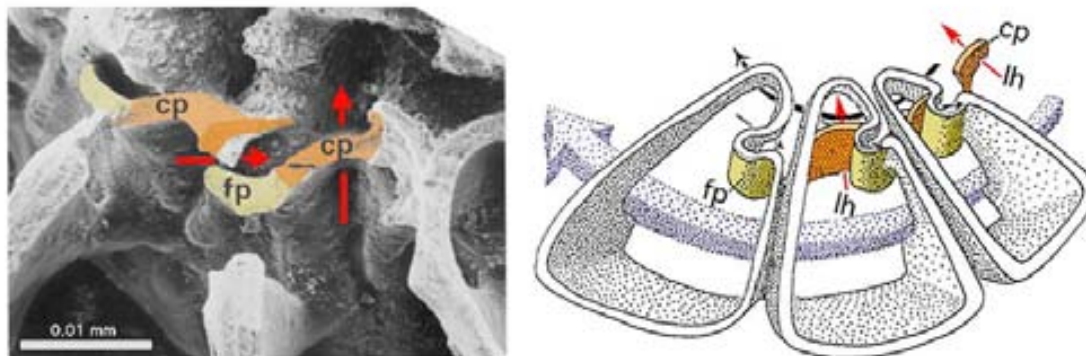


Figura 6.15. Detalle de las estructuras internas de *Challengerella bradyi* BILLMAN *et al.* (Golfo de Aqaba, Actual). En amarillo pueden distinguirse las placas foraminales (fp), y en naranja las placas cubrientes (cp). Los loop- holes (en rojo) muestran la conexión existente entre el lumen principal de las cámaras con la camarilla foliar. A la derecha, modelo esquemático de las tres últimas cámaras en un foraminífero con placas cubrientes. Se representan las mismas estructuras y en el mismo color que en la fotografía anterior, además se señala la trayectoria de extrusión del protoplasma a través de los forámenes intercamerales (flecha azul).(De Hottinger, 2000).

#### f. El esqueleto suplementario.

Los foraminíferos rotálidos presentan esqueleto suplementario, o sea un conjunto de elementos que estructuralizan el espacio intercameral. El **esqueleto suplementario** (*SUPPLEMENTAL SKELETON*) se define como el conjunto de cavidades formadas por las lamelas secundarias cuando estas cubren **espacios intercamerales** (*INTERLOCULAR SPACE*); estas cavidades dan lugar a canales si son alargadas y comunican distintas cavidades de la concha, o bien a camarillas suplementarias, si estas son más o menos isométricas. Las estructuras que forman el esqueleto suplementario están constituidas por repliegues imperforados de lamelas externas o **cubiertas flotantes** (*FLYING COVERS*). Estas cubren y/o restringen los espacios intercamerales formando un conjunto de cavidades que rodean la totalidad o parte de las paredes laterales de la concha, pudiendo formar espinas, crestas

marginales, cuerdas marginales o camarillas suplementarias. Así, el sistema de canales tiene su origen en los **espacios intercamerales** (*INTERLOCULAR SPACE*) al ser cubiertos por las sucesivas lamelas externas; o bien en los espacios formados entre lamelas, **espacios intralamelares** (*INTRALAMELAR SPACE*), al actuar estas independientemente.

El término **sistema de canales** (*CANAL SYSTEM*) ha sido ampliamente utilizado en la literatura micropaleontológica, pero no todos los autores lo han interpretado de igual manera. Algunos, como Smout (1954) o Reiss y Merling (1958), restringieron el término únicamente para aquellos espacios formados entre las sucesivas lamelas externas que cubren secundariamente la parte de la concha expuesta; es decir, el término sistema de canales se restringiría a los espacios intralamelares. No obstante, la mayoría de autores utilizan el término en un sentido mucho más amplio que incluye cualquier espacio, a excepción de los espacios cámarales, que permita la rápida extrusión del protoplasma desde el interior de las cámaras al exterior. En este trabajo se acepta esta segunda interpretación del término.

Así pues, el sistema de canales queda definido como el conjunto de elementos tubulares interconectados que están, primaria o secundariamente, separados de las cámaras, y con las que están comunicados por medio de orificios, denominados **troneras** (*LOOP- HOLES*). Los *loop holes* funcionan a modo de puetas traseras o de emergencia para la extrusión del ectoplasma cuando el endoplasma cameral se retrae a las cámaras más interiores (primeras vueltas), como reacción a algún tipo de perturbación externa. En los foraminíferos rotálidos los *loop-holes* pueden situarse detrás o delante de las placas endoesqueléticas (tanto primarias como secundarias).

Los canales están ocupados por ectoplasma microtubular funcional y permiten su salida directa al exterior. Los espacios que forman el sistema de canales pueden estar delimitados por numerosos elementos estructurales, entre los que se encuentran los pliegues septales, placas umbilicales, placas cubrientes conjuntamente con las placas foraminales, *tooth- plates*, folia, la vuelta de espira previa o por sucesivas lamelas externas. Los canales se abren al exterior directamente por medio de orificios o **fosetas** (*FOSSETTES*).

Se denomina **sistema de canales envolventes** (*ENVELOPING CANAL SYSTEM*) al conjunto de espacios, más o menos tubulares y paralelos a la superficie de la concha, formados entre lamelas externas más o menos libres (que no se adhieren), llamadas también cubiertas flotantes, situadas en las superficies laterales de las cámaras. El sistema de canales envolvente forma una red tridimensional que puede adquirir una gran complejidad (Fig. 6.16).

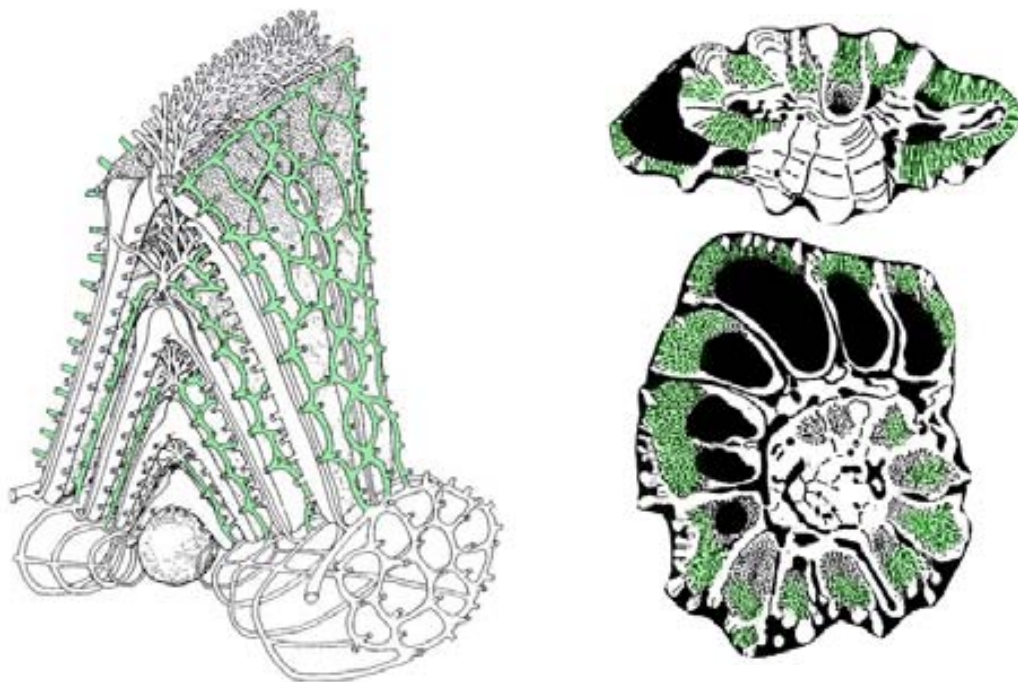


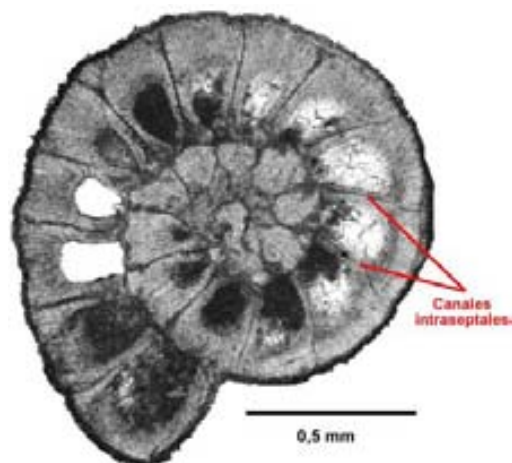
Figura 6.16. A la izquierda, modelo del sistema complejo de canales en un foraminífero. En verde se resaltan los canales envolventes del mismo. A la derecha, sección axial y transversa de *Calcarina lecalvezae*, del eoceno. En verde, aspecto de los canales envolventes en la concha. (De Wannier, 1980, y Caus, 1975, respectivamente).

Cuando el sistema de canales anteriormente descrito se simplifica y estos se agrupan únicamente en la periferia de la concha extendiéndose en dirección radial, forman un **sistema de canales marginales** (*MARGINAL CANAL SYSTEM*). El sistema anterior puede modificarse y dar lugar a **espinas canaliculadas** (*CANALICULATE SPINE*), que son estructuras radiales que incluyen canales y que dan lugar a salientes más o menos continuos, o a **crestas marginales**, que son engrosamientos del margen de la concha producidos por canales marginales y que pueden llegar a desarrollar camarillas suplementarias en los flancos laterales. La denominada **cuerda marginal**

(*MARGINAL CORD*) de los nummulítidos, en que se forma un engrosamiento en el margen de la concha dando lugar a espacios tubulares periféricos o canales periféricos, se diferencia del sistema de canales marginales, por su orientación periférica alrededor de la concha.

El espacio intercameral comprendido entre dos cámaras consecutivas es el **espacio intercameral intraseptal** (*INTRASEPTAL INTERLOCULAR SPACE*), que está limitado por la pared bilamelar anterior de una cámara y la pared bilamelar posterior de la cámara precedente, como consecuencia de una sutura deprimida. Estos espacios intercamerales intraseptales pueden estar abiertos al exterior y convertirse en un sistema de **canales intraseptales** (*INTRASEPTAL CANAL*) al ser cubiertos por las lamelas externas de cámaras posteriormente formadas (Fig. 6.17). El espacio intercameral intraseptal puede formar, a lo largo de la sutura septal, espacios más pequeños perpendiculares al espacio intercameral intraseptal, llamados **canales suturales** (*SUTURAL CANALS*). Los márgenes de los canales suturales están parcialmente cerrados por la adherencia local de las paredes de las cámaras consecutivas. Los canales suturales desembocan en el exterior.

Figura 6.17. Sección transversal de *Iberorotalia reicheli*, forma A, en la que se distinguen claramente, entre las cámaras, el canal intraseptal. En rojo se han señalado dos de ellos.



En los foraminíferos rotálicos se denomina **espacio interocular umbilical** al espacio localizado entre las placas umbilicales o dentales y la pared de la vuelta precedente; este espacio puede transformarse en cavidades tubulares por varios elementos esqueléticos y por extensiones de la pared de la cámara (folia). Se denomina **canal umbilico-espiral primario** (*PRIMARY SPIRAL-UMBILICAL CANAL*) al canal delimitado por las placas umbilicales, dentales, los folia y la pared de la vuelta precedente (Fig.6.18). A diferencia de

este, el **canal umbilico- espiral secundario** (*SECONDARY SPIRAL-UMBILICAL CANAL*) se define como el canal comprendido entre las *cover plates*, los folia y la vuelta precedente. El canal umbilico- espiral, tanto primario como secundario, comunica con los canales intraseptales.

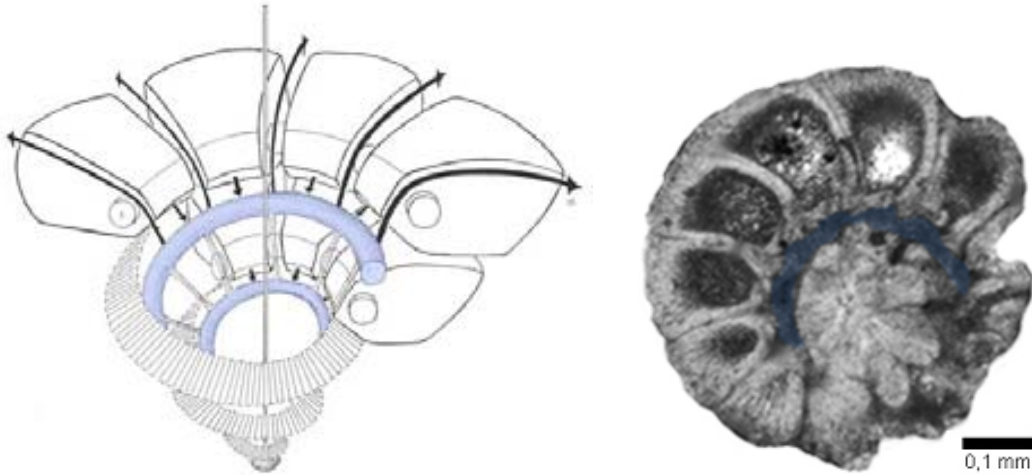


Figura 6.18. A la izquierda, esquema de la disposición de las cámaras y su relación con el sistema de canales (Modificado de Billman *et al.* 1980). En azul se ha resaltado el canal umbilico- espiral. A la derecha, sección transverso- oblicua de un foraminífero rotálido, en el que se ha resaltado la misma estructura.

Los espacios tubulares perpendiculares a la superficie de la concha formados entre apilamientos de láminas reciben el nombre de canales verticales o **funnels** (*FUNNELS*). Los funnels pueden originarse a partir de los márgenes de los canales suturales o fosetas y a partir de las aberturas foliares.

El conjunto de funnels y canales umbilico- espirales de un rotálido recibe el nombre de **sistema umbilical de canales** (*UMBILICAL CANAL SYSTEM*).

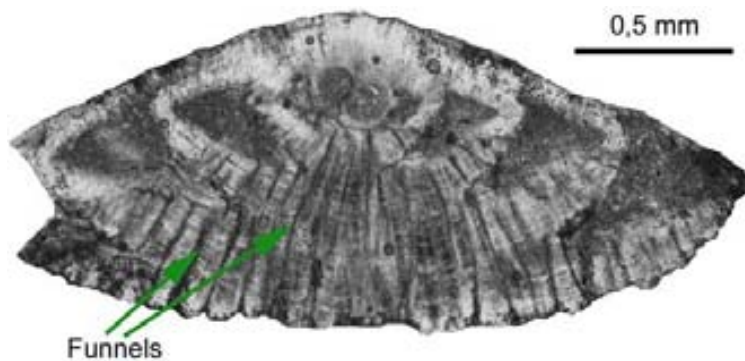


Figura 6.19. Sección axial de *Orbitokathina vonderschmitti* (forma A), Santoniense inferior, Sierra del Montsec. El espacio umbilical esta ocupado por lamelas secundarias atravesadas verticalmente por funnels, dando lugar a los apilamientos de láminas de distribución más o menos homogénea. Las flechas en verde señalan dos de estas cavidades.

## *CHAPTER VII*

# *Systematic description*



## VII. SYSTEMATIC DESCRIPTION.

Order FORAMINIFERIDA Eichwald, 1930

Suborder ROTALIINA Delage and Hérouard, 1896

Superfamily ROTALIACEA Ehrenberg, 1839

Family ROTALIIDAE Ehrenberg, 1839

Subfamily ROTALIINAE Ehrenberg, 1839

Genus *Orbitokathina* Hottinger, 1966

(Type species: *Orbitokathina vonderschmitti* Hottinger, 1966)

### Diagnosis:

- **Size:** Large to very large size.
- **Dimorphism:** Extreme dimorphism of generations, with different patterns of growth in A and B forms.
- **External morphology:** The A forms are conical, biconvex, with a dorsal side much higher than the ventral one. The B forms are very large, forming flat cones.
- **Disposition of chambers:** A forms trochospiral; B forms with a trochospiral nepiont, and an orbitoidal adult stage. The orbitoidal chamberlets are spatulate or arched. They communicate by stolons displayed in a similar way than in the Orbitoididae foraminifera.
- **Apertures:** The trochospiral chambers have a single interiormarginal foramen, with an imperforated peristomal rim. The orbitoidal chamberlets communicate by diagonal stolons.
- **Ornamentation:** The ornamentation follows the same pattern in A and B forms: the dorsal side is smooth, while the ventral one is covered by numerous pile heads that present a typical external vermiform outline when they are eroded.
- **Perforations:** The chambers are perforated with medium sized pores except in the margin, where an imperforate keel is formed.

- **Umbilicus:** The umbilical space is occupied by many piles, disposed regularly, and forming a solid umbilical mass separated by thin linear vertical funnels, that communicate with the ventral interocular space.
- **Folia:** The presence of oblique folia has been observed.
- **Plates:** Presence of umbilical plate.
- **Canals:** The spiral canal in trochospiral forms is narrow. The intraseptal space is wide, and communicates with vertical funnels intercalated between the umbilical piles.

### Differences and similarities:

The macrospheric form of *Orbitokhatina* is similar to the A form of *Kathina* (type species: *Kathina delseata* Smout, 1954, from the Paleocene of Qatar). The B form of *K. delseata* or other Tertiary “kathinids” have the same morphology than the macrospheric forms. The only difference between them is the larger size of the B forms, but none develops orbitoidal chamberlets. The only *Kathina* species reported from the Cretaceous are *K. bermudezi* (Cole, 1942) and *K. jamaicensis* (Cushman and Jarvis, 1931), from the Caribbean. The A forms differ from *Orbitokathina* in its flatter shape while their B forms are unknown.



Figure 7.1. Axial section of *Kathina delseata* SMOUT, B form, X50 (from Smout, 1954).

The genus *Smoutina* Drooger has a complex umbilicus that occupies about half the diameter of the umbilical side. It is filled with a calcite mass and

crossed by several vertical funnels, but not as well developed as in *Orbitokathina*. The intercameral foraminal slit is in an interiomarginal position. Presence of umbilical plate and oblique folia. Microspheric forms of *Smoutina* have not been described.

Figure 7.2. A transverse section and two sections near the axial of *Smoutina cruysi* Drooger (Topotype), A forms. (Courtesy of Hottinger, unpublished).

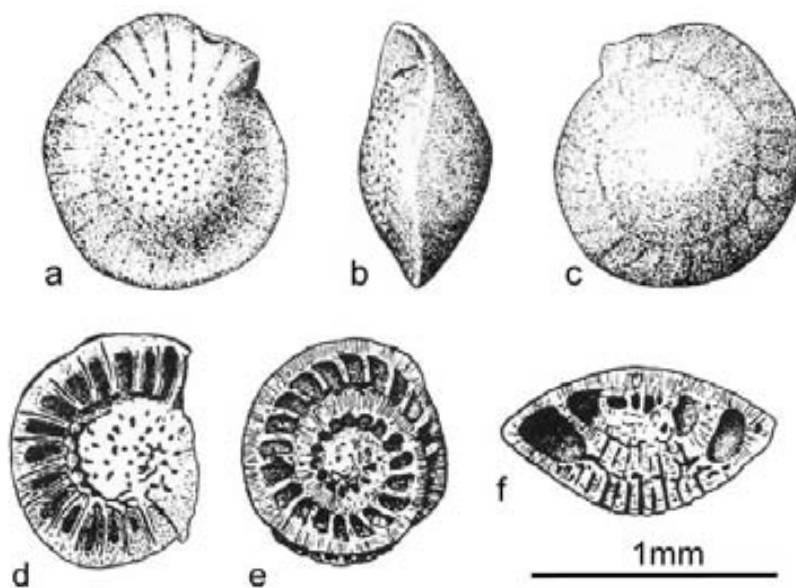


Figure 7.3. *Smoutina cruysi* Drooger, A forms. (from Drooger 1960, p. 311, plate IV: a, b, c: Holotype. Utrecht collection; d, e: successive transverse sections; f: almost axial section)

*Sirelella* Özgen- Erdem from the Lutetian of Turkey has orbitoidal chamberlets as *Orbitokathina* Hottinger, but this morphology appears in A form instead in B form as in *Orbitokathina*. Microspheric forms of *Sirelella* have not been described. Moreover, its umbilical cavity is filled by a solid umbilical plug

whereas in *Orbitokathina* the umbilical plug is pierced by numerous vertical funnels (Hottinger 1966, figs. 6, 7b).

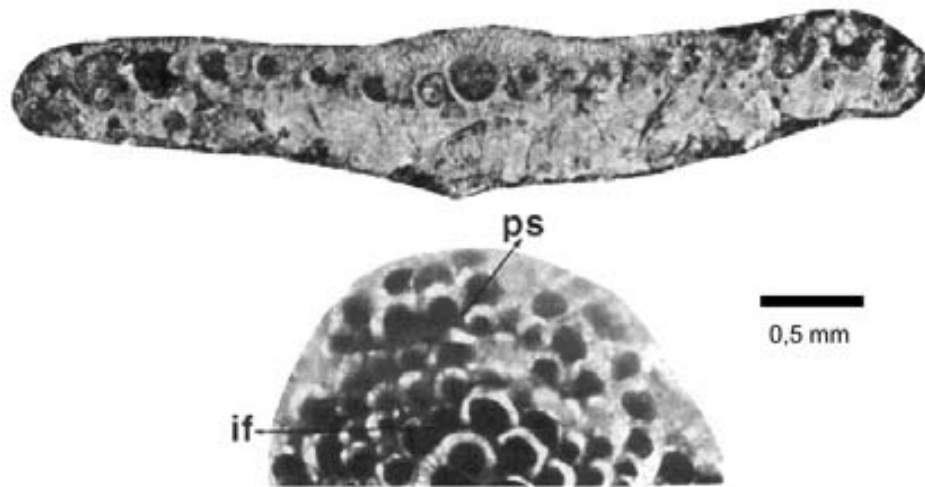


Figure 7.4. *Sirella* Özgen- Erdem, Macrospheric forms, axial and partial transverse section; Lutetian, Turkey; (from Özgen- Erdem, 2002). if: intercameral foramina, ps: stolon system.

*Dictyokathina* Smout shares with *Orbitokathina* a clear dimorphism, and a solid umbilical region crossed by vertical funnels, but *Dictyokathina* Smout has multiple spire in A and B form, while *Orbitokathina* Hottinger have simple spire in the A form and in the juvenile stage of the B form.

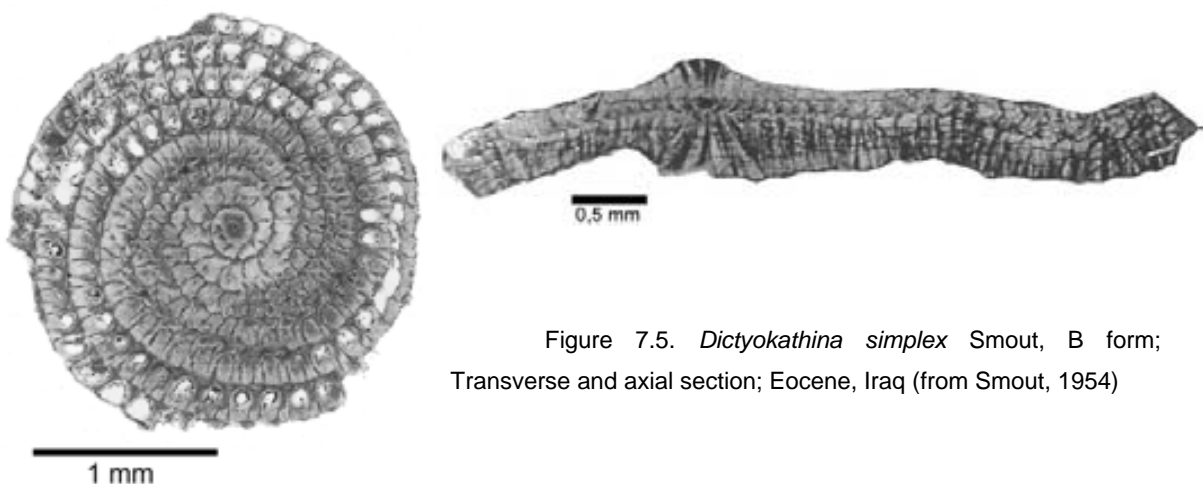


Figure 7.5. *Dictyokathina simplex* Smout, B form; Transverse and axial section; Eocene, Iraq (from Smout, 1954)

***Orbitokathina vonderschmitti* Hottinger 1966****(Plate I-IV)**

1966 *Orbitokathina vonderschmitti* Hottinger, p. 291- 294, text-figs. 6, 7; pl. 4, figs. 1-3; pl. 5, figs. 1-5

1984 *Rotalia reicheli* Hottinger, Bilotte, pl. 14, fig. 1- 4.

1987 *Orbitokathina* cf. *vonderschmitti* Hottinger, Leppig, fig. 10, 5.

2004 *Orbitokathina vonderschmitti* Hottinger, Boix, p. 144, pl. 22, figs. 1-5, 6, 8-11; pl. 23, figs. 3,4,12.

**Macrospheric form****External characteristics:**

The test is conical biconvex, on the dorsal side much higher than on the ventral. The periphery is sharp or slightly rounded. The test diameter ranges from 1.12 mm to 2.68 mm; the height ranges from 0.72 mm to 1.02 mm. (H/D relationship 2.06).

The juvenile specimens (with few whorls) present the dorsal side convex, while in more developed forms (with more whorls), this side gets flattered. In the juvenile specimens, the ventral side has a very accused convexity mainly in the edges, but this convexity decreases in larger and more developed specimens: its central part of the ventral side becomes flat.

The chambers form a simple trochospire with four to five whorls in adult specimens, with 18-20 chambers per whorl in the forth whorl (adult stage). The chambers are isometric and evolute dorsally.

The dorsal surface of the shell is smooth. The lateral chamber walls are pierced by pores distributed uniformly, with the exception of an imperforate keel. The sutures are rarely visible by lack of a sutural ornament.

On the ventral side the chamber walls are perforated by pores. The umbilical zone is very large occupying almost the entire surface of the ventral side. It has a central part occupied by a uniform set of piles. Near the periphery the chambers are finely perforated. In this place, the sutures are nearly radial and slightly feathered.

The size of the pores is similar in both sides of the shell, showing a medium size.

**Internal characteristics:**

Numerous piles forming a composite but solid umbilical mass are observed in axial section (fig.7.6 left). The piles, which have a long-conical shape, seem to be continuous from the inner whorls to the last ones, almost without interruption. They are separated by thin, straight and regularly distributed funnels that derive from the ventral intraseptal spaces. These funnels, in combination with the septal sutures, give the typical vermiculated aspect to the ventral side of *Orbitokathina* when the piles are slightly eroded.

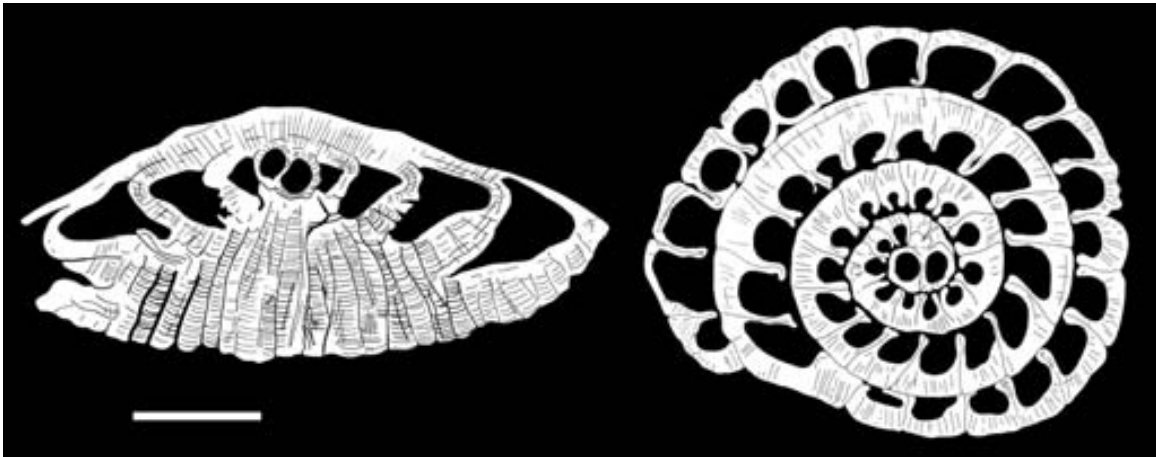


Figure 7.6. Axial and transverse section of two macrospheric specimens of *O. vonderschmitti*. Scale bar represents 0.5 mm. Drawings made with camera lucida.

The chambers, in transverse section, can present a quite bended shape, with morphology similar to a spatula or a horseshoe. In transverse or oblique sections a large intercameral space can be observed (fig. 7.6 right).

The double septa, radial and straight, present a wide intraseptal space. This space is usually wider in the proximal part of the septum (near the umbilicus) than in the distal part. The intraseptal spaces are closed secondarily by successive outer lamellae.

The spiral canal is narrow, and it is not easy to identify in axial sections. In the axial section an umbilical plate can be observed. It presents small folia.

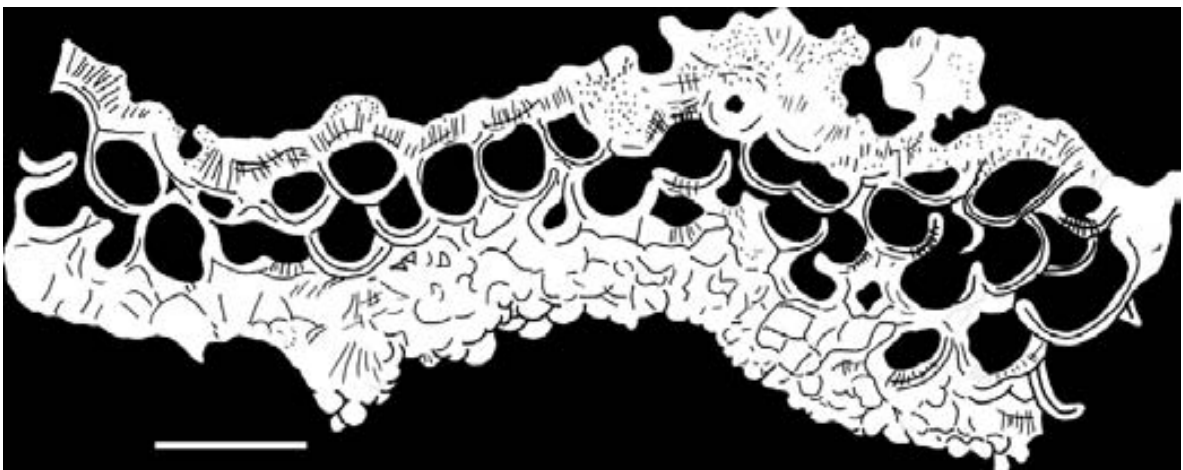
### **Microspheric form**

#### **External characteristics:**

The microspheric form specimens are not frequent in the studied sediments, but if present they are easily recognised. Most of them are fragmented due to the flat morphology and the large size. The entire shell forms a very flat cone that can reach 7 mm of diameter. The height ranges from 0.68 mm to 0.9 mm. The dorsal side presents a slightly convex low apex in its central part, and gets flat to slightly concave towards the periphery. The dorsal side doesn't present ornamentation. The ventral side also presents a very flat morphology, but covered with pustules, corresponding to the external heads of the umbilical piles.

#### **Internal characteristics**

The scarce axial sections show three or four trochospiral initial whorls, which follow the same general pattern as the A forms. The adult shell is constituted by spatulate or irregularly arched chamberlet cycles. The chamberlets communicate by large diagonal stolons, following a typical orbitoidal growing pattern. These chamberlets, in axial and transverse section, appear with an irregular outline.



7.7. Oblique section of B specimen of *O. vonderschmitti*. Scale bar represents 0.25 mm. Draw made with camera lucida.

The chamberlet walls are composed of more lamellas than in a simple orbitoid architecture. In the ventral part of the shell, interocular spaces can be observed. They give rise to the numerous funnels opening between the pile heads on the ventral side of the shell.

Due to the disposition of the chambers, and to the fact that good axial sections are rare, it is not possible to verify whether the trochospiral juvenile stages develop some kind of plate that separates the chamber lumen from the umbilicus as in the A forms.

**Environment:** Shallow carbonate and mixed platform facies. It is not present in deeper environments, where smaller rotaliids appear.

**Age:** The age of *O. vonderschmitti* is Upper Coniacian -Lower Santonian.

***Orbitokathina campaniana n. sp.***

**(Plate V-VIII)**

**Type locality:** Montsec mountains, Pyrenees, Spain.

**Level Type:** “Calizas de Terradets” Formation, Lower- Middle Campanian.

**Derivatio Nominis:** The specific name is for the age that it appears.

**Macrospheric form**

**External characteristics:**

The test is conical biconvex, on the dorsal side much higher than on the ventral. The periphery is sharp or slightly rounded. The test diameter ranges from 0.7 mm to 1.9 mm; the height ranges from 0.48 mm to 0.9 mm.

The juvenile specimens (with few whorls) present the dorsal side convex, while in more developed forms (with more whorls), this side gets flattered. In the juvenile specimens, the ventral side has a very accused convexity mainly in the edges, but this convexity decreases in larger and more developed specimens: its central part of the ventral side becomes flat.



The chambers form a simple trochospire with three to four whorls in adult specimens, with 15-18 chambers per whorl in the fourth whorl (adult stage). The chambers are isometric and evolute dorsally.

The dorsal surface of the shell is smooth. The lateral chamber walls are pierced by pores distributed uniformly, with the exception of an imperforate keel. The sutures are rarely visible by lack of a sutural ornament.

On the ventral side the chamber walls are perforated by pores. The umbilical zone is very large occupying almost the entire surface of the ventral side. It has a central part occupied by a uniform set of piles. Near the periphery the chambers are finely perforated. In this place, the sutures are nearly radial and slightly feathered.

The size of the pores is similar in both sides of the shell, showing a medium size.

**Internal characteristics:**

Numerous piles forming a composite but solid umbilical mass are observed in axial section. The piles, which have a long-conical shape, seem to be continuous from the inner whorls to the last ones, almost without interruption. They are separated by straight, wide and very regularly distributed funnels that derive from the ventral intraseptal spaces. These funnels, in combination with the septa sutures, give the typical vermiculated aspect to the ventral side of *Orbitokathina* when the piles are slightly eroded.

The chambers, in transverse section, can present a quite bended shape, with morphology similar to a spatula or a horseshoe. In transverse or oblique sections a large intercameral space can be observed.

The double septa, radial and straight, present a wide intraseptal space. This space is usually wider in the proximal part of the septum (near the umbilicus) than in the distal part. The intraseptal spaces are closed secondarily by successive outer lamellae.

The spiral canal is narrow, and it is not easy to identify in axial sections. In the axial section we can distinguish an umbilical plate in an almost parallel position to the previous whorl. The folia are longer than the Santonian form, and oblique.

### **Microspheric form**

#### **External characteristics:**

The microspheric form specimens are not frequent in the studied sediments, but if present they are easily recognised. Most of them are fragmented due to the flat morphology and the large size. We can not measure its diameter, because any entire specimen has been found. The dorsal side presents a slightly convex low apex in its central part, and gets flat to slightly concave towards the periphery. The dorsal side doesn't present ornamentation. The ventral side also presents a very flat morphology, but covered with pustules, corresponding to the external heads of the umbilical piles.

#### **Internal characteristics**

The adult shell is constituted by spatulate or irregularly arched chamberlet cycles. The chamberlets communicate by large diagonal stolons, following a typical orbitoidal growing pattern. These chambers, in axial and transverse section, appear with an irregular outline. The chamberlet walls are composed of more lamellas than in a simple orbitoid architecture. In the ventral part of the shell, interocular spaces can be observed. They give rise to the numerous funnels opening between the pile heads on the ventral side of the shell.

*Orbitokathina vonderschmitti* Hottinger and *O. campaniana* n. sp. are the only species of the genus. The species *Orbitokathina sarayi* (fig.7.8) created by Sirel, Gündüz and Acar in 1983, from the Thanetian of Turkey looks very similar to *Orbitokathina*, but after studying the figures (Sirel *et al*, 1983, pl. I and II), it seems to have multiple spires as it occurs in other rotaliids as for instance *Dictyokathina* or *Dictyoconoides*. If our observations are confirmed this species must be removed from *Orbitokathina* to another genus.

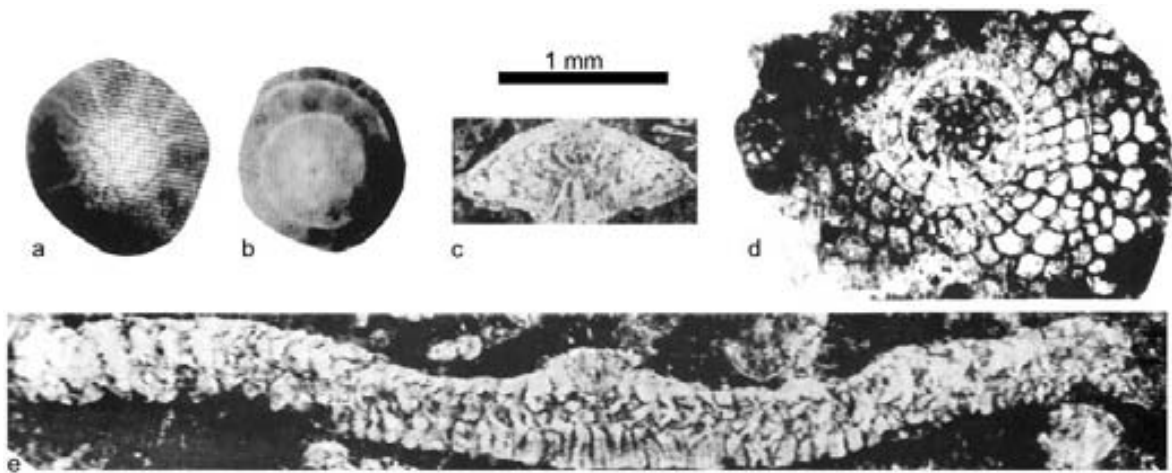


Figure 7.8. *Orbitokathina sarayi* Sirel, Gündüz and Acar; a: external ventral side of a macrospheric form; b: external dorsal side of a macrospheric form; c: axial section of a macrospheric form; d: transverse section of a microspheric form; e: axial section of a microspheric form (Modified from Sirel *et al.* 1983)

**Genus *Iberorotalia* n. gen.**

(Type species: *Rotalia reicheli* Hottinger, 1966)

Derivatio Generic Nominis: For the Iberian Peninsula.

**Diagnosis:**

- **Size:** Medium to large sizes.
- **Dimorphism:** Distinct dimorphism of generations.
- **External morphology:** In the A form the dorsal side is convex and the ventral side is convex to plane. The B form has the same characteristics, but is flatter than A form.
- **Disposition of chambers:** The chambers are arranged trochospirally in both generations.
- **Apertures:** The single intercameral foramen is in an interiomarginal position.
- **Ornamentation:** In the B forms, the dorsal side is smooth, with a knob in the apex, but extremely large B specimens have some piles or pustules on its side. On the ventral side the ornamentation is dominated by the numerous pile heads, and the large forms also have some isolated piles in the periphery. The A forms have a central composed umbilical plug with isolated piles distributed between funnels.
- **Perforations:** The chamber walls are perforated with small to medium sized pores except at the periphery, where an imperforate keel develops on the dorsal side. Folia are also imperforate.
- **Umbilical zone:** the umbilical space is well defined and occupied by several piles, separated by more or less rectilinear funnels.
- **Folia:** The folium is well developed, with a triangular shape and oblique. The folia are partially welded among them and with umbilical piles.
- **Plates:** The umbilical plate is present and well developed, and divides the chamber lumen in two parts: a main chamber and a foliar chamberlet.
- **Canals:** The narrow umbilico- spiral canal gets wider in successive whorls, delimited by the umbilical piles and the umbilical plates. The narrow intraseptal canals communicate with the umbilico- spiral canal and give rise to the funnels.

### Differences and similarities:

In a first moment, *Iberorotalia* had been interpreted as belonging to *Rotalia* genus, but the attribution of this species to the genus *Rotalia* seems not to be justified. The rotaliids from Tertiary sediments are smaller than *Iberorotalia reicheli*, and no one of the species of *Rotalia* described before has a high degree of dimorphism as it is in *Iberorotalia reicheli*.

*R. trochidiformis* Lamarck 1804 (Type specie of genus *Rotalia*) presents an external morphology very similar to *Iberorotalia*: a convex and smooth dorsal side; a convex to plane ventral side, with piles occupying the umbilical space. But internally they are very different: although in *R. trochidiformis* the chambers are divided by umbilical plates, their folia are radial. Furthermore, *Rotalia* doesn't present evident generational dimorphism. Due to its characteristics, *Iberorotalia* could no be included in *Rotalia* genus.

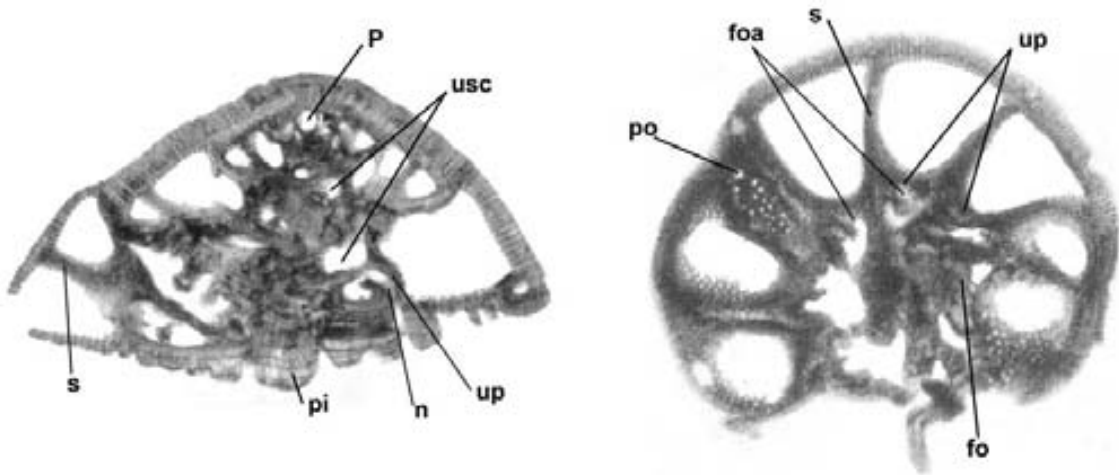


Figure 7.9. Axial and transverse sections of *Rotalia trochidiformis*. 50X (Photographs from L. Hottinger, unpublished). fo: folia, foa: foliar aperture, n: notch, P: proloculus; pi: pile, po: pores, s: septum, up: umbilical plate, usc: umbilico- spiral canal.

***Iberorotalia reicheli* (Hottinger, 1966)  
(Plates IX-XI)**

Type locality: Montsec mountains, Pyrenees, Spain.

Level Type: "Calizas de la Cova" Formation, Upper Coniacian- Lower Santonian.

1966 *Rotalia reicheli* Hottinger, p. 284- 287, plate. 2, fig. 1-5; text-fig. 3c.

1968 *Rotalia reicheli* Hottinger, Gendrot p. 668, plate. 10, figs.1-6.

2004 *Rotalia ? reicheli* Hottinger, Boix, p. 115, plate. 23, figs. 1, 3, 6, 7, 9.

**Macrospheric form**

**External characteristics**

The megalospheric shell has a conical shape. The diameter varies from 0.94 mm to 1.17 mm and the height from 0.37 mm to 0.56 mm. The ratio D/H is higher in small forms than in larger ones, on average 2.

The dorsal side is convex to very convex in juvenile specimens, becoming slightly convex to plane- convex towards the edges in larger forms. The chambers have a trochoidal arrangement with an evolute dorsal side. The periphery is acute- subacute. The dorsal chamber wall is perforated by small pores displayed with a uniform distribution. The spire is visible and marked by an imperforate keel at the periphery and by a raised, imperforate spiral suture in earlier whorls. The apex is marked by an imperforate knob. The chambers are isometrics and the sutures are slightly raised. The spire in the adult shell has three whorls and 10 to 11 chambers in the last whorl.

The ventral side is convex to almost flat. The ventral sutures are radial, depressed and deeper in the central part of the shell. The shoulders of the intraseptal interocular space are ornamented by rows of beads. The feathering of the sutures is intensified in the direction of the periphery. Due to the presence of piles and the recrystallisation of the shells, in most of cases it is difficult to recognise the folia externally.

The umbilical zone is well defined, showing a medium diameter, not occupying the whole ventral side of the shell. It is covered by extended foliar walls fussed with the heads of the piles filling the umbilicus. The spacing of piles and funnels is quite regular along the axial diameter of the umbilicus.

### **Internal characteristics**

The chambers show a single intercameral foramen in an interiomarginal position, with an imperforated lip. The septum is double and the intraseptal space is narrow and quite regular. The umbilical space is also narrow, getting wider when the shell is growing. The chamber lumen is separated from the umbilical space divided in two parts by an umbilical plate that is very oblique, forming a small angle with the radius of the shell. The foliar chamberlet is delimited by the umbilical plate, the chamber folium and the previous whorl. The connection between the main chamber lumen and the foliar chamberlet is through a loop-hole.

The axial section shows the umbilical space occupied by several piles separated by vertical funnels. Folia are visible, present certain curvature or obliquity, unlike folia present in the *Rotalia* species group. The folia show a partial superposition among them, giving an appearance of overlapping structures. In some cases, successive folia are partially welded by their marginal edge to the previous one, and/or to the umbilical piles. When it occurs, the septal suture disappears in this zone, giving a massive appearance to the umbilicus.

The foliar chamberlets have a triangular morphology, covered by imperforated folia. Between a folium and the main chamber wall there is an indentation of the chamber wall: the sutural notch. It marks the position of the umbilical plate. In the notch there is the retrofoliar aperture, which allows the extrusion of the protoplasm to the exterior.

## **Microspheric form**

### **External characteristics**

The B form is a flat cone much larger than the A form. The diameter varies from 1.9 mm to 3.12, and the height 0.74 to 1.14 mm. The ratio H/D is about 3, and shows that the B form is flatter than the A form.

The dorsal side is slightly convex in the centre and plane to slightly concave near the periphery. This side presents medium sized pores, with a quite uniform distribution. In the apex there is an imperforate knob. Dorsal spiral and cameral sutures are raised forming continuous ribs rather than beads, resulting from secondary lamellation.

The number of whorls is frequently three to four, but some specimens have a larger number of whorls. The number of chambers in the third whorls is 16. The chambers are higher than wider. A spectacular increase of size and changes in morphology are observed from specimens having more than four whorls. In these cases, the shells become flatter and some isolated piles are evident in dorsal side.

The ventral side shows a flat to convex shape, and could be a little concave in the margins of larger specimens. The chamber sutures are not visible in the centre of the face being only visible near the periphery in the best preserved shells, which is due to the heavy ornamentation. The sutures in the periphery are slightly depressed.

The diameter of the umbilical zone is comparatively larger than in the A forms. This zone is covered by pustules uniformly distributed.

### **Internal characteristics**

Although the number of good sections is scarce, we observe an intercameral foramen following the same characteristics as in the A forms.

In transverse sections, not far from the umbilical surface, a large umbilical plate dividing the cameral lumen has been observed. It separates the main lumen of the chamber from the foliar chamberlet. The chamber's folia are very well developed, displaying certain degree of obliquity in respect to the radius of the shell. They overlap and get fused on their distal part.



Their fusion between each other and with the umbilical piles produces a cover for the umbilico- spiral canal. This canal is wide and well developed in the B forms. Narrow and regular intraseptal spaces are present, slightly widening towards the intracameral foramen. It also develops, in the ventral side, an enveloping canal system, resulting from the overlapping of successive outer lamella (Figure 7.10). These canals have only been observed in more developed Microspheric forms.



Figure 7.10. Axial section of a very developed microspheric form of *I. reicheli*. Scale bar represents 0,05 mm. Drawn in camera lucida.

The umbilical zone is large, occupied by numerous piles crossed by many vertical funnels. They are uniformly distributed. Their heads give to the ventral face of the shell its pustulated aspect. In larger forms the pustules appear in the rest of ventral face.

**Age:** *Iberorotalia reicheli* has been reported in the Coniacian- Lower Santonian Pyrenean bioprovince.

**Environment:** Shallow carbonate and mixed platforms.

***Pyrenerotalia* n gen.**

(Type species: *P. longifolia* n. sp.)

Derivatio Nominis: For Pyrene (the latin name for the Pyrenees mountains)

**Diagnosis:**

- **Size**: From small to medium size.
- **Dimorphism**: The dimorphism of generations is not evident.
- **External morphology**: In the A form the dorsal side is convex and the ventral side is convex to plane. The B form external morphology is unknown.
- **Disposition of chambers**: Trochospiral arrangement of the chambers.
- **Apertures**: Single aperture in an interiomarginal position.
- **Ornamentation**: The dorsal side is smooth; the ventral one presents some rows of beads on the intraseptal interloocular space, more evident on the periphery of the ventral side.
- **Perforations**: The chamber walls are perforated with medium sized pores except at the periphery, where an imperforate keel develops on the dorsal side.
- **Umbilical zone**: It is very narrow space occupied by the overlapping of the long folia, obtaining a quite massive structure.
- **Folia**: Folia are very long and oblique. Its position its marked by deep notches. They are imperforate. Its overlapping giving rise a massive umbilical structure. The folia from the last whorl cover the entire umbilical cavity, not allowing to see the previous whorls.
- **Plates**: An umbilical plate is present.
- **Canals**: Intraseptal canals and wide umbilico- spiral canal

**Differences and similarities**

The lack of a massive structure occupying the umbilicus, makes *Pyrenerotalia* different from all the genus seen since this moment. In some oblique sections, small forms of *Pyrenerotalia* can be confused with *Rotorbinella*,

but although they share the presence of umbilical plates and folia, that last structure is really very small in *Rotorbinella*, and never covers the central part of the umbilicus, as *Pyrenerotalia* does.

***Pyrenerotalia longifolia* n sp.**

**(Plate XII-XV)**

Type locality: Montsec mountains, Pyrenees, Spain.

Level Type: “Calizas de Terradets” Formation, Lower Campanian.

Derivatio Nominis: The specific name is for the length of the folia.

**External view**

The shell presents a biconvex morphology. The dorsal side is from convex to highly convex, and the ventral one is convex. Although some size variations of the shells have been observed, it can not be attributed to a generational dimorphism, because it has not been possible to observe the embryo in any section.

The chambers have a trochoidal arrangement with an evolute dorsal side. The periphery is subacute. The dorsal chamber wall surface is perforated by pores with a very uniform distribution. The spire is marked by a imperforate suture. The spire in adult shell has three whorls and about 10 to 11 chambers in the last whorl.

The ventral side is convex to almost flat. The sutures are deeper in the central part of the shell. They are quite straight, depressed and, towards the edges, they present tributary perpendicular grooves feathering. The main chamber wall is separated from the imperforated folia by a sutural notch. The umbilical zone closed, covered by the folia of the last whorl.

**Internal characteristics**

The characteristics of the microspheric forms are unknown. Only two partial sections have been identified, and it is impossible to identify most of the

internal structures. The most of the description is based in the macrospheric forms.

The chambers show a single intercameral foramen in an interiomarginal position, with an imperforated lip. The septum is double and the intraseptal space is narrow and quite regular.

The chamber lumen is divided in two parts by means of an umbilical plate: a main chamber lumen, that is more spacious, and a foliar chamberlet, proximal to the umbilicus. The connection between them is through a loop-hole. The foliar chamberlet is delimited by an umbilical plate, the chamber folium and the previous whorl. The umbilical plate and fused folia delimit a wide umbilico- spiral canal.

The folia show a large size, and present a certain curvature or obliquity, unlike the folia present in the specie *Rotalia*. The folia show a partial, adaxial superposition, giving an appearance of overlapping structures, and giving rise a massive umbilical structure. We can not observe too regularity in piles- funnel disposition, but it is possible to identify some isolated funnel. The foliar chamberlets have a triangular morphology, and are elongated, due to the large size of the folia.

**Age:** Upper Santonian- Lower/Mid Campanian South Pyrenean sediments.

**Environment:** Lagoon carbonated platform sediments.

**Genus *Rotorbinella* Bandy, 1944**

(Type species: *Rotorbinella colliculus* Bandy, 1944)

**Diagnosis:**

- **Size:** From very small to medium sizes.
- **Dimorphism:** The dimorphism of generations is not evident.
- **External morphology:** Convex dorsal side, smooth, without ornamentation; ventral side from convex to flat, smooth, with an umbilical plug.
- **Disposition of chambers:** Trochospiral arrangement of the chambers.
- **Apertures:** Single aperture, in interiomarginal position.
- **Ornamentation:** Smooth surfaces.
- **Perforations:** Small to medium sized pores on dorsal side; slightly larger on the ventral side.
- **Umbilicus:** Umbilicus occupied by a single massive structure, the umbilical plug.
- **Folia:** Small, imperforate and slightly oblique folia.
- **Plates:** Presence of umbilical plates.
- **Canals:** Open umbilical interocular space; may be covered in early whorl and transformed then to a short spiral canal.

**Differences and similarities**

Similar shells with open umbilical interocular spaces have been described under the name of *Rotalia hensoni* Smout. They seem to belong to *Rotorbinella* genus, although there are transitions to *Rotalia* s str. in particular by the feathering of the ventral intraseptal spaces (Fig. 7.10).

The genus *Iberorotalia* presents a complex umbilical system compared with *Rotorbinella*, smaller pores and larger folia, that use to be distally fused. Furthermore, *Rotorbinella* does not present a clear dimorphism as observed in *Iberorotalia*.

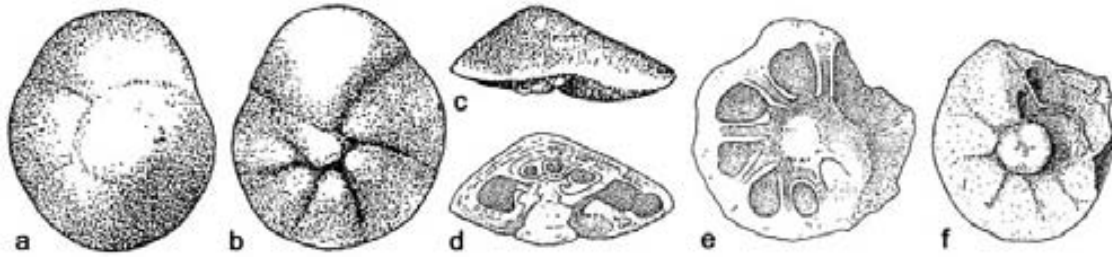


Figure 7.10. "*Rotalia*" *hensoni* SMOUT. All specimens to 50X. a, b, c: dorsal, ventral and lateral external view; d: axial section showing a massive umbilical plug surrounded by a deep umbilical fissure; e: Transverse section, with wide intraseptal spaces; f: ventral external view of a specimen with the last few chambers broken off. (From Drooger, 1960).

### ***Rotorbinella mesogeensis* (Tronchetti), 1981**

#### **(Plate XVI-XVIII)**

1981 *Rotalia mesogeensis* Tronchetti, pl. 26, fig. 6-12; pl. 27, fig. 1-9; pl. 28, fig. 1-8)

#### **External view**

Small rotaliid with no evident dimorphism of generations. The shell is lenticular asymmetric, smooth on both sides. The periphery varies from subacute to rounded, but is always marked by an imperforate keel. The dorsal side is highly convex, while the ventral one can be convex or flat. The dorsal chamber walls are finely perforated. The pores of the ventral walls seem to be wider, and lack altogether on the folia. There is a massive calcite plug in the centre of umbilicus.

#### **Internal characteristics**

The chambers are arranged in a trochospire that has three whorls in the adult test. The spire is loose and increases its step quickly. The number of chambers isometric in the last whorl is 8-10. The double septa vary from strait to slightly arched. They present intraseptal canals. The chamber lumen is divided by an umbilical plate in a main chamber lumen and a foliar chamberlet. These plates delimit a thin umbilico- spiral canal. No other canal system has

been observed. In the axial section we observe a massive central plug separated from the proximal chamber walls by a deep spiral fissure.

**Age:** These forms have been observed in shallow carbonated sediments from Cenomanian.

**Environment:** Shallow water micritic limestones.

***Rotorbinella campaniola* n. sp.**  
**(Plate XIX- XXI)**

**Derivatio Nominis:** the specific name is from “campaniolus”, latin popular name that originate the French name “champignon”.

**External characteristics**

The shell shows a very convex dorsal side with particularly thick walls and flat ventral side. Dorsal side is smooth, without ornamentation, presenting a high degree of convexity, similar to a mushroom cap. The wall chamber thick and perforated by wide pores. The chambers are arranged in a high trochospire. The edge of the last whorl is marked by an imperforate keel. The shape of the ventral side can vary from slightly convex to plane, even concave. Ventral chamber walls lack any ornament. The umbilical space is occupied by a single massive umbilical plug, surrounded by deep, narrow umbilical interocular space. It presents small folia, imperforate and slightly oblique. The foliar suture is marked by a small sutural notch.

**Internal characteristics**

The trochospire shows three spiral whorls with quadrangular chambers. The number of chamber in the last whorl is about 6. The diameter varies from 0.64 to 0.8 mm and the height 0.41 to 0.61 mm. The ratio H/D is about 1.47.

The chambers in transverse section show a quadrangular morphology. The septa are secondary billamellar for the adjunction of the septal flap, and slightly wider near the intercameral foramen. At the base of the septa there is a

single intracameral foramen in interiomarginal position. In some oblique section a small folium can be observed. It appears imperforated and slightly oblique, that seems to be distally united to the umbilical plug. Presence of umbilical plates separating an umbilico- spiral canal from the main chamber lumen.

The central massive umbilical plug seems not to be isolated by a vertical furrow in the last whorls, and the small folia are united, in earlier whorls, by its distal part to the plug. The interocular intraseptal spaces are radial fissures open to the exterior except maybe close to their umbilical ends. Presence of an umbilico- spiral canal that gets wider in successive whorls. No other canals have been observed. The Campanian forms seem to have larger foliar aperture than Santonian forms.

**Age:** Upper Coniacian- Lower Santonian carbonated sediments. Similar forms appear in Lower- Middle Campanian sediments, but are less abundant.

**Environment:** Carbonated lagoonal sediments. Found less specimens in more energetic facies.

### ***Rotorbinella* spp.**

#### **(Plate XXII)**

In this group, we include all the forms that share the generic characteristics of the genus *Rotorbinella*, but differ in some characteristics from *R. mesogeensis* and from *R. campaniola*. The variation of sizes of that forms are also very diverse. For that reason they have been included under the specific degree of spp.

#### **External view**

Small to medium size rovaliid with not evident generational dimorphism. The shell is lenticular asymmetric, smooth in both sides. The periphery is subacute to acute and slightly marked by an imperforated keel. The dorsal side is highly convex, while the ventral one can be flat or slightly concave. The chamber walls are finely perforated. It shows small folia. Presence of sutural



notch. The umbilical side shows a massive calcite plug in the centre, surrounded by a deep umbilical fissure.

#### **Internal characteristics**

The chambers are arranged in a high trochospire and it is possible to observe from three to four spiral whorls in the larger forms. The number of chambers in the last whorl is about eight. The septa are double, quite straight, with intraseptal canals. The umbilical plate separates the chamber lumen from the umbilical space. In the axial section it is possible to observe a massive central plug separated from the chamber walls of the last whorl by a deep spiral fissure.

**Age:** These forms have been observed since Upper Turonian to Maastrichtian carbonated sediments.

**Environment:** Shallow water lagoon and few energetic carbonated platforms.

**Subfamily PARAROTALIINAE Reiss, 1963**

**Genus PARAROTALIA Le Calvez, 1949**

**Type species: *Rotalina inermis* Terquem, 1882**

**Diagnosis:**

- **Size:** Very small forms.
- **Dimorphism:** The dimorphism of generations is not evident.
- **External morphology:** From convex to plane dorsal side, postulated; convex smooth ventral side. Imperforated keel or carina.
- **Disposition of chambers:** Trochospiral arrangement of the chambers.
- **Apertures:** Single aperture.
- **Ornamentation:** Few but large imperforated pustules in dorsal side. Some forms seem to have very fine pustules on ventral chamber walls.
- **Perforations:** Small size pores.
- **Umbilicus:** Umbilical space occupied by a single massive structure: umbilical plug.
- **Folia:** Inexistent or very small.
- **Plates:** Presence of toothplates.
- **Canals:** Intraseptal interocular canal, and umbilico- spiral canal.

*Pararotalia* has a slightly inflated umbilical chamber walls, which are smooth, except near the peripheral keel where they are finely postulated. Presents septal flap, and deep and open intraseptal interocular spaces on the ventral side, and a solid umbilical plug. It has a single intracameral foramen with a thick lip or rim, and a toothplate. Each toothplate is attached to the preceding one in the adaxial position, producing a narrow continuous spiral space. The presence in *Pararotalia* of a toothplate, and the absence of features as an umbilical plate or of folia with foliar apertures set the Pararotaliinae well apart from the Rotaliinae Ehreberg, 1839.

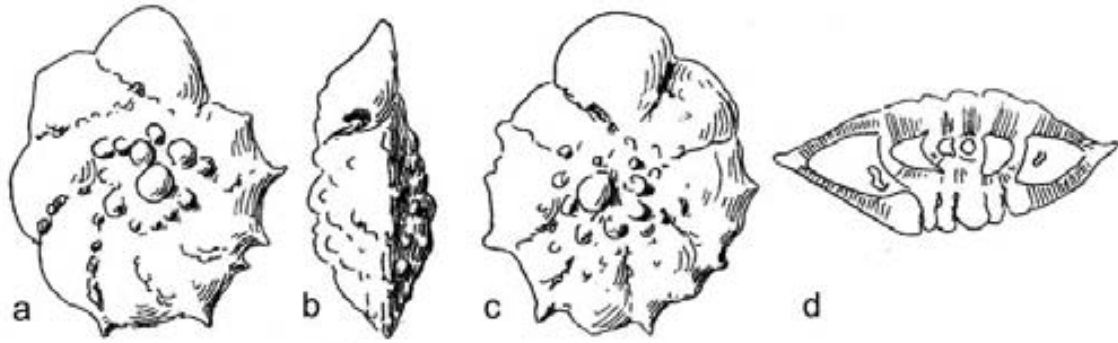


Figure 7.11: *Pararotalia tuberculifera* (Reuss); a: external dorsal view; b: lateral view; c: external ventral view; d: axial section. All specimens 100X. (From Hofker 1959)

***Pararotalia tuberculifera* (Reuss), 1862**

**(Plate XXIII- XXIV)**

1862 *Rotalia tuberculifera* Reuss, p. 313, pl.2, fig.2.

1959 *Pararotalia tuberculifera*, Hofker, p.345, fig. 132-134.

1966 *Pararotalia cf. tuberculifera* (Reuss), Hottinger, fig 9b, p. 296.

**External view**

Small rotaliid with not evident dimorfism. The shell is biconvex asymmetric. The periphery is acute marked by an imperforated keel. The dorsal side is convex to flat, with imperforated pustules in its central part (not on the dorsal chamber wall). The ventral side is convex and smooth. Sometimes it presents small and fragile pustules on ventral chamber walls. The umbilical zone presents a massive plug in the centre.

The lack of disintegrating sediment samples for Campanian has not allowed to obtain free specimens for its observation. Therefore, the description of its external characteristics may not be very precise.

### **Internal characteristics**

The chambers are arranged trochospirally and three spiral whorls have been observed in the adult tests. The number of chambers in the last whorl varies from 8 to 10. The aperture is unique and in an interiomarginal position, with a coma shape. Presence of tooth plate that delimits an umbilico-spiral canal. The presence of folia has not been demonstrated for the lack of suitable transverse sections. If it is present it has to be quite small.

In the axial section we observe a massive umbilical plug separated from the chamber walls by a deep linear furrow.

**Age:** This form appears in the South Pyrenean sediments in Upper Turonian to Lower Campanian sediments, persisting until Maastrichtian.

**Environment:** They appear in grainstone- packstones samples, interpreted as energetic facies.

**Family CALCARINIDAE Schwager 1876**

**Subfamily CALCARININAE Hofker 1927**

(**REMARK:** In contrast to Loeblich and Tappan who grouped together the trochospiral and planispiral larger foraminifera with an extensive supplementary skeleton, we insist in separate the trochospiral and the planispiral involute forms in the subfamilies: Calcarininae Hofker and Siderolitinae Sigal)

**Genus *Calcarinella* n. gen.**

(Type species: *Pseudorotalia schaubi* Hottinger 1966)

Derivatio Nominis: The generic name was related for its similarities with genus *Calcarina*.

**Diagnosis:**

- **Size:** From medium to large forms.
- **Dimorphism:** Generational dimorphism evident.
- **External morphology:** The dorsal side is convex to flat; the ventral side varies from convex to highly convex.
- **Disposition of chambers:** The chambers are arranged trochospirally in both generations. They are very asymmetric.
- **Apertures:** It presents a multiple intracameral foramen.
- **Ornamentation:** Both sides are covered by coarse pustules.
- **Perforations:** The pores have a large size. The wall is perforated by coarse canals that belong to the enveloping canal system.
- **Umbilical zone:** The umbilical space is occupied by many piles, separated by quite straight funnels.
- **Folia:** This form doesn't present folia.
- **Plates:** Presence of plates that can not be identified.
- **Canals:** Microspheric form shows wide intraseptal and umbilico-spiral canals that form a spiral umbilical plexus as in *Calcarina* (Hottinger and Leutenegger 1980, pl. 5). Macrospheric forms show a single umbilico-spiral canal.

### **Differences and similarities:**

This form was described for the first time by Hottinger, in 1966, under the name of *Pseudorotalia schaubi*, and transferred later to *Lockhartia* by Hottinger and Leutenegger in 1980, and by Butterlin and Fourcade, 1989, into the family Calcarinidae. It was characterized by its asymmetric external morphology, having an almost flat dorsal side and a very convex ventral one. It presents coarse pores and coarse pustules recovering the whole shell. But it has some characteristics that it doesn't share with the genus *Pseudorotalia* s. str. *Pseudorotalia* is also characterised by having coarsely perforated chamber walls, and imperforated pustules (beads), but these are restricted to spiral and radial sutures. *Pseudorotalia* presents cover plates, and its umbilical space is occupied by vertical canals extending to ventral and dorsal sutures, showing numerous sutural canal openings all over the shell. For this reason, the form described by Hottinger doesn't pertain to genus *Pseudorotalia* Reiss & Merling.

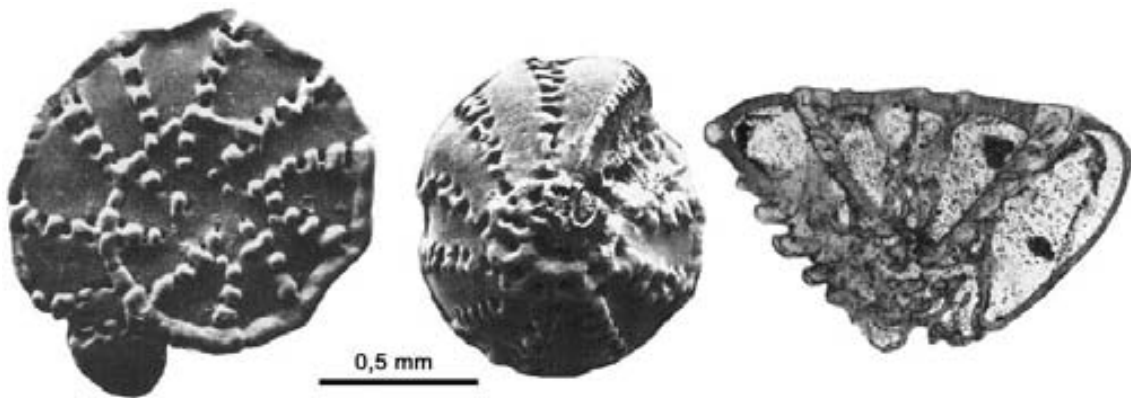


Figure 7.12. Dorsal and ventral view, and axial section of *Pseudorotalia schroeteriana*, (external views from Billman *et al.* 1980; thin section from Reiss and Merling, 1958).

The ornamentation of *Calcarinella schaubi* may be similar to the one of *Neorotalia* spp., that presents strongly ornamented chamber walls by large, imperforate pustules. However, *Neorotalia* differs from *Calcarinella* in its spine-shaped, canaliculate projections that occur on the peripheral margin. Another difference is that *Neorotalia* chambers possess a prominent umbilical crest on the ventral side, with ribs normal to the suture lines, producing a chevron-

shaped pattern. It also possesses an enveloping canal system as *Calcarinella* but has a primary umbilico- spiral canal, produced by interconnected toothplates.

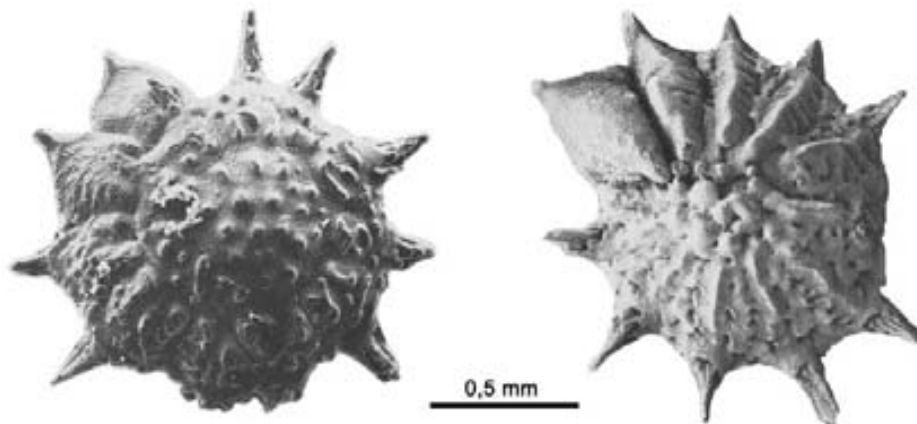


Figure 7.13. Dorsal and ventral view of *Neorotalia calcar*. (From Hottinger et al. 1993; figures 2 and 3, plate 199).

*Calcarina* has a pustulated dorsal and ventral side, combined with caniculate spines that take their origin in intraseptal interocular spaces at irregular intervals of growth. Like *Calcarinella*, it presents multiple apertures. *Calcarina* also shows an umbilico- spiral canal plexus, resulting from the superposition of umbilical shell elements. The main difference of *Calcarinella* from *Calcarina* is the absence of any kind of canaliculated spines.

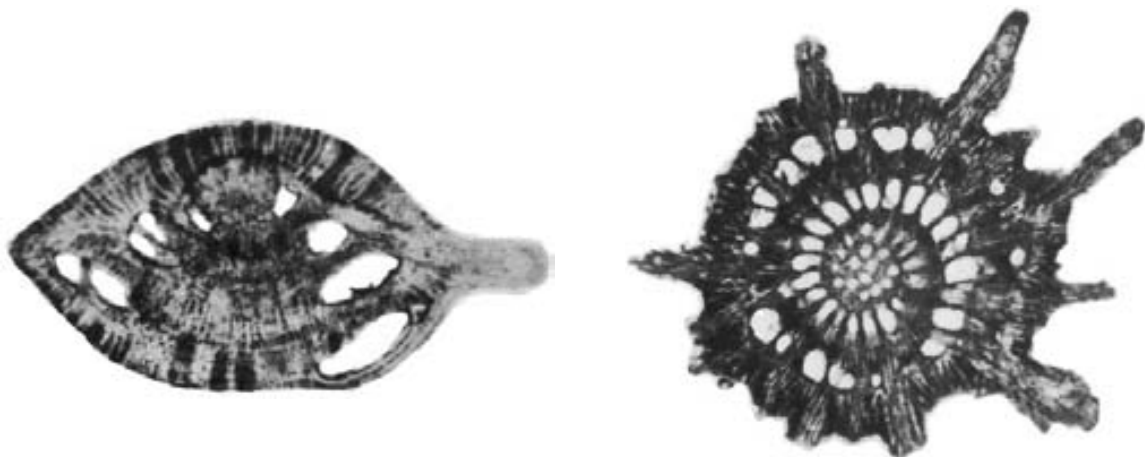


Figure 7.14. Axial and transverse sections of *Calcarina spenglieri* 25X. (From Cushman et al., 1954).

The genus *Praesiderolites* presents an almost symmetric shell, pustulated and coarsely perforated. The massive pustules are larger in umbonal areas and progressively smaller toward the periphery. It has well developed canal system,

with an intraseptal, marginal, equatorial, radial and umbilico- spiral canals. Its aperture consists in a single row of intercameral foramina present at the base of the septa.



Figure 7.15. External view and drawing of axial section of *Praesiderolites douvillei* Wannier. Both 100X (From Wannier, 1980, 1983).

*Siderolites* has a symmetric shell recovered by pustules. Like *Calcarinella*, *Siderolites* has a finely perforated primary chamber wall covered by an enveloping canal system in later stages of growth. There are intraseptal, marginal and umbilico- spiral canals, and has caniculate spines. Its aperture consists, in early chambers, in a single interiomarginal opening surrounded by a lip. In the later chambers it becomes a single row of foramina at the base of the septa. It may develop marginal supplementary chamberlets.

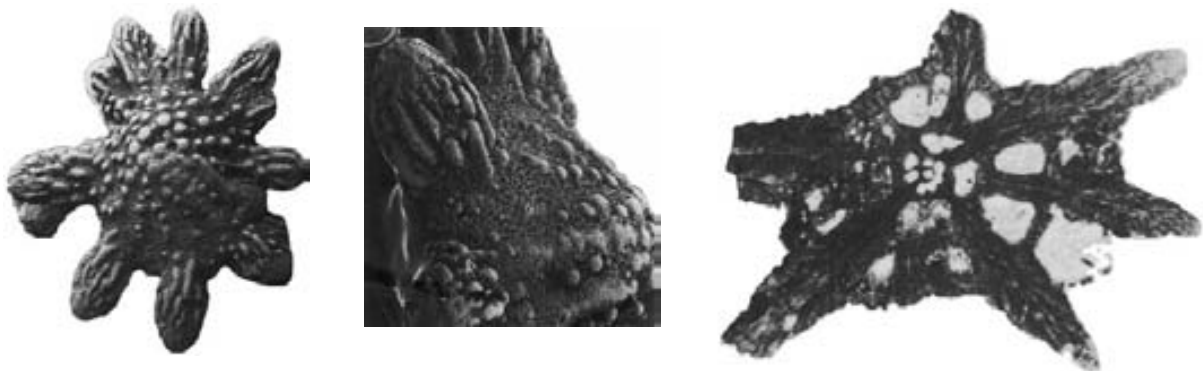


Figure 7.16. External views of *Siderolites calcitrapoides*, 12,5X and 50X (From Wannier, 1980). Axial section of *S. calcitrapoides* 25X (From Wannier, 1983).



Among all the Late Cretaceous “Rotaliids” the Turkish Maastrichtian form *Cideina soezerii* (Sirel) might be closest to *Calcarinella schaubi* in spite of its strikingly different habit by its trochospiral early growth stage, its enveloping canal system, and its multiple apertures. Irregular spiral umbilical shell elements delimit irregular umbilical cavities. The microspheric generation seems to produce late spiral chambers that are bent backward at sharp angles of 90° or less.

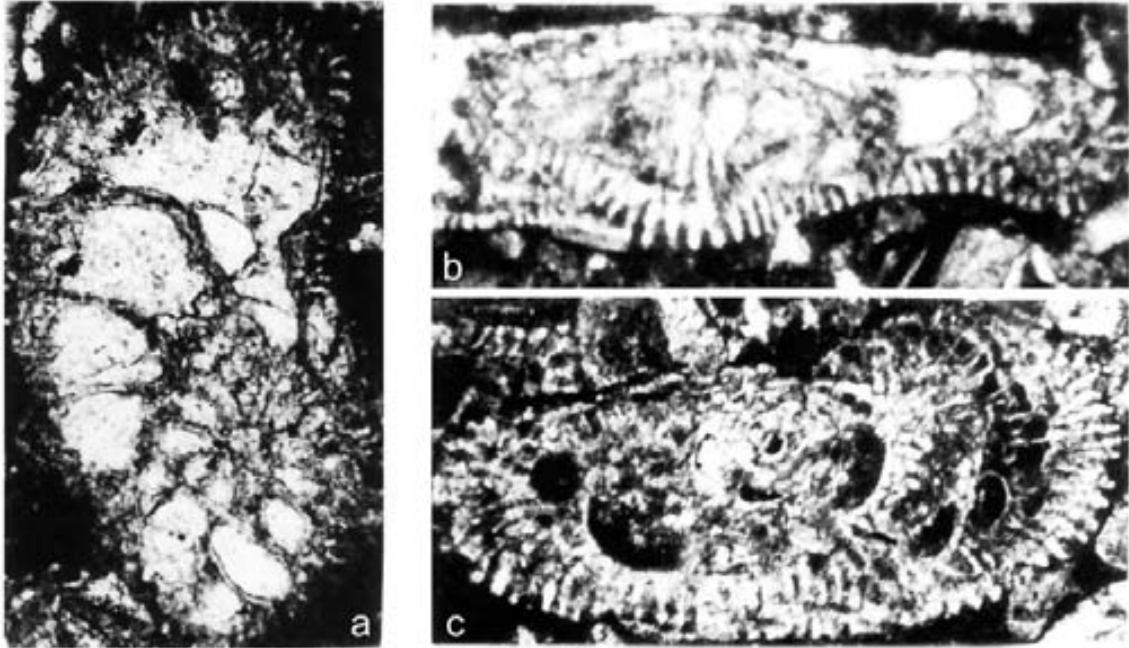


Figure 7.17. *Cideina soezerii* (Sirel) a: equatorial section; b: partial axial section; c: oblique section. 50X (From Cirel 1991)

### ***Calcarinella schaubi* (Hottinger, 1966)**

**(Plate XXV- XVII)**

Type locality: Montsec mountains, Pyrenees, Spain.

Level Type: “Formación La Cova”, Upper Coniacian- Lower Santonian.

1966 *Pseudorotalia schaubi* Hottinger, p. 287- 290, pl. 2, figs. 6,7; pl.3; text-figs. 4,5.

2004 *Pseudorotalia? schaubi* Hottinger, Boix, p. 116-117, lám. 23, fig. 2, 14- 17.

### Macrospheric form

#### **External characteristics**

The shell is a half sphere, with the dorsal side slightly convex to flat, and the ventral one extremely convex. The diameter varies from 0.95 to 0.98 mm and the height 0.52 to 0.65 mm. The ratio H/D is 1.59. The chambers are disposed trochospirally, presenting very large pores in its surface. It is heavily ornamented with pustules in both sides, which generally does not allow seeing the sutures from the exterior but, when it is possible, they seem to be straight. The pustules in the ventral side seem to be smaller than in dorsal one, and with a more regular distribution, with the exception of the centre of the umbilical side. The pores are small to medium size and few visible from the exterior. The umbilical zone is occupied by piles separated by vertical funnels.

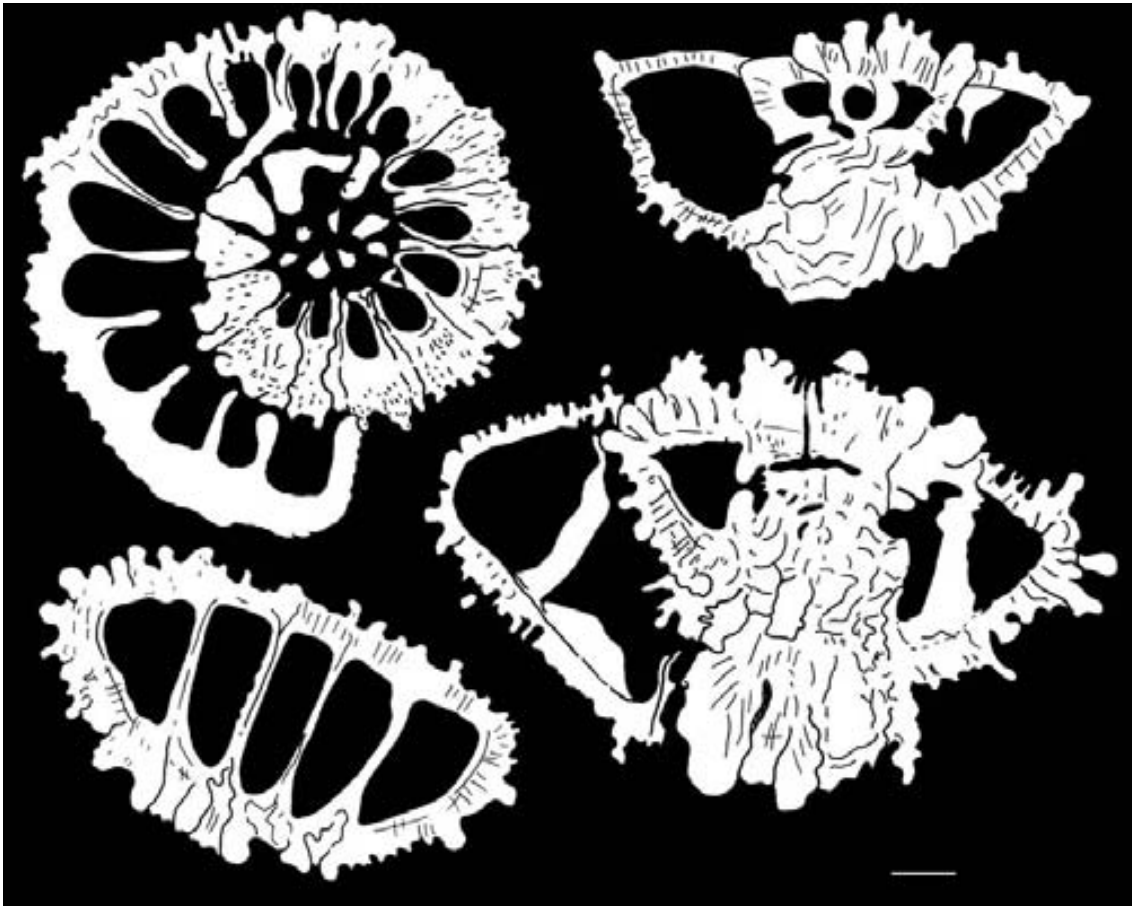


Figure 7.18. Several draws of thin sections of macrospheric forms of *Calcarinella schaubi*. From up to down, and left to right: transverse section, showing a well developed umbilico- spiral canal and the external ornamentation of the shell; oblique section, showing five chambers with its characteristic

rectangular shape; an axial oblique centred section, showing the proloculus; sub-axial section, showing the complex umbilical structure of this genus. Scale bar 0.1 mm. Draws made by camera lucida.

### **Internal characteristics**

The transverse section shows a uniform spire with three whorls and with 14 to 16 chambers per whorl. Intercameral foramina are multiple. The shell walls are crossed by wide vertical canals, belonging to the enveloping canal system. In axial section, it is possible to observe in the central part of the shell, some umbilical piles separated by funnels. It presents an umbilico- spiral canal, but the structures that delimit it could not been interpreted. There's no presence of folia.

### **Microspheric form**

#### **External characteristics**

The B form has the same morphology than the A form, but it is slightly flat in the central part of the ventral side. The diameter varies from 2.05 to 2.84 mm. The ornamentation does not differ so much from the A forms. The pustules in dorsal side are elongate and not uniformly distributed. In the dorsal side the pustules can be extremely developed appearing as short imperforated spines (non caniculated). The periphery is covered by small regularly disposed pustules. The pores are large to medium size and few visible due to the ornamentation. It presents imperforated keel along external part of whorls. The umbilical zone is occupied by several piles. The piles are uniformly distributed, but sometimes it is not possible to distinguish the real umbilical space from the rest of dorsal side due to the ornamentation.

#### **Internal characteristics**

The transverse section shows a spire with 3 whorls and 24 chambers per whorl in the third whorl. The chamber is higher than wider, and the septa are almost straight. The intraseptal canals are thin. The intercameral foramen is multiple, and seems to be surrounded by imperforated lips. The shell walls are crossed by wide vertical canals, which belong to the enveloping canal system.

Presence of small umbilical structures that delimit a multiple umbilico-spiral canal forming a spiral umbilical plexus. In the ventral side the intraseptal space communicates with the umbilical cavities through loop- holes. Umbilical vertical funnels, that looks vermiform in oblique sections.

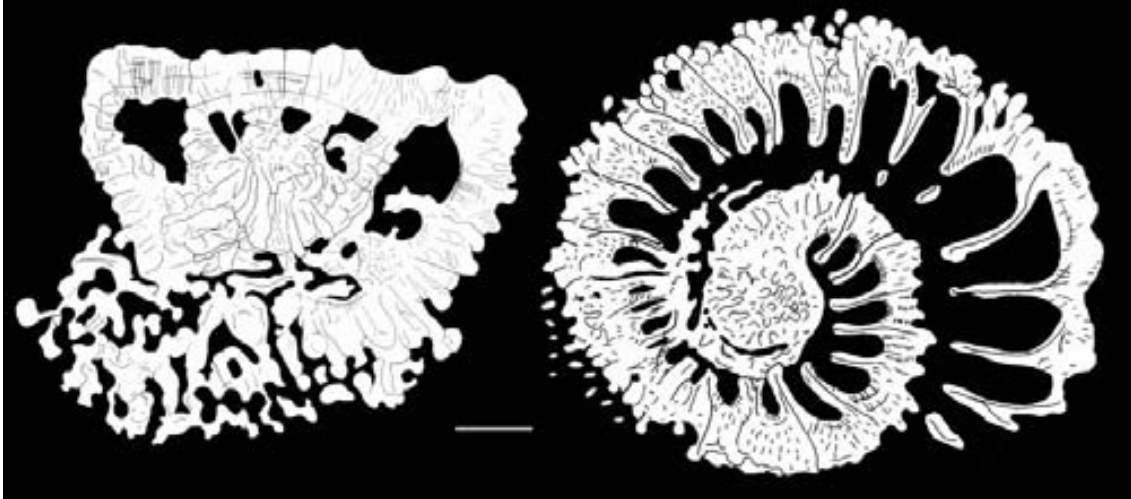


Fig 7.18. Oblique near axial section and transverse section of two microspheric forms of *Calcarinella schaubi*. See, in the transverse section, the wide and multiple umbilical canal. Scale bar: 0.5 mm. Draws made with camera lucida.

**Age:** This form is restricted to Upper Coniacian- Lower Santonian sediments in the South Pyrenean margin.

**Environment:** Carbonated and mixed lagoonal facies.

*CAPÍTULO VIII*

*Repartición estratigráfica,  
paleoambiental y  
paleobiogeográfica*

## VIII. REPARTICIÓN ESTRATIGRÁFICA, PALEOAMBIENTAL Y PALEOBIOGEOGRÁFICA

Los primeros rotálidos aparecen en las secciones estudiadas en el Cenomaniense medio, con el género *Rotorbinella*, *R. mesogeensis*. Está asociada a alveolínidos (*Praealveolina debilis*, *P. tenuis*, *P. simplex*, *Ovalveolina ovum* y *O. aff. crassa*), nezzazátidos (*Nezzazata* gr. *simplex*, *Merlingina cretacea*, *Coxites*, *Biconcava bentori*, *Nezzazatinella?*), *Pseudonummoloculia?* y foraminíferos aglutinados, tales como *Cuneolina*, *Dicyclina*, *Praechrysalidina cretacea*, *Charentia cuvillieri*, *Daxia cenomana*, entre otros, en facies carbonatadas (wackestones y packstones y muy raramente grainstones) depositadas en un ambiente de plataforma poco profunda y escasa energía. Esta asociación concuerda con la citada por Tronchetti (1981) en Provenza (sudeste de Francia), aunque el mismo autor indica que en Charente-maritime y en el departamento de Gard (sudoeste de Francia) *R. mesogeensis* está presente en sedimentos del Cenomaniense inferior, aunque la asociación de macroforaminíferos que acompaña a esta especie presenta cierta contradicción en cuanto a su edad. En este trabajo y hasta la verificación de las muestras de tales localidades, la edad considerada será Cenomaniense s.l. En las muestras correspondientes al Cenomaniense inferior del área estudiada, *R. mesogeensis* no ha sido encontrada, pero podría tratarse de una ausencia derivada del tipo de facies presente, ya que en la mayor parte del área estudiada el Cenomaniense inferior y el Cenomaniense medio *p.p.* no aparecen representados.

En los sedimentos del intervalo de tiempo Turoniense inferior y medio no hay rotálidos, lo que se interpreta por el tipo de medio de depósito (facies de plataforma abierta) con foraminíferos planctónicos.

A partir del Turoniense superior reaparece, en los sedimentos estudiados, el género *Rotorbinella*, aunque la escasez de material y la dificultad de comparación con las especies descritas (véase discusión en el capítulo de

sistemática) no ha permitido una identificación específica, dejándose en nomenclatura abierta (*Rotorbinella* spp.).

Durante el Coniaciense aparecen conjuntamente con *Rotorbinella*, dos nuevos géneros: *Iberorotalia* n. gen y *Pararotalia*. Estas nuevas formas están asociadas a foraminíferos aglutinados y algunos porcelanados, en facies carbonatadas (packstones y wackestones), aunque con aportes terrígenos localizados, y depositadas principalmente en un medio de plataforma abierta. Las facies de margen de plataforma, presentes en este intervalo, carecen de rotálidos.

En el Coniaciense superior y/o Santoniense inferior tiene lugar en la Cuenca Pirenaica la aparición y el desarrollo de grandes foraminíferos hialinos: *Orbitokathina vonderschmitti*, *Iberorotalia reicheli*, *Rotorbinella campaniola* y *Calcarinella schaubi*, conjuntamente con otros macroforaminíferos porcelanados cuyas estructuras eran desconocidas hasta el momento, tales como los fabuláridos (*Pseudolacazina loeblichii* y *Lacazina pyrenaica*), alveolínidos (*Hellenalveolina*), meandropsínidos (*Palandrosina taxyae*) y numerosos foraminíferos aglutinados complejos (*Ramirezella montsechensis*, *Cyclopsinella steinmanni*, *Martiguesia cyclamminiformis*, etc.). Este conjunto de macroforaminíferos caracterizan las facies carbonatadas de plataforma protegida.

En este mismo intervalo de tiempo y en facies más profundas *Rotorbinella* spp. y *Pararotalia tuberculifera* son también comunes.

El Santoniense medio y superior está marcado en la mayor parte del área estudiada por un importante cambio en la sedimentación, lo que se manifiesta en la distribución de las facies. En los sedimentos del Santoniense medio está presentes aún *O. vonderschmitti*, aunque no los otros grandes géneros del intervalo anterior. *O. vonderschmitti* se halla asociada a meandropsínidos (*Alexina papiracea*, *Numofallotia cretacea* y *Spirapertolina almelai*), fabuláridos (*Pseudolacazina cantabrica*) y foraminíferos aglutinados tales como *Pseudocyclammina sphaeroidea*, *Cuneolina cylindrica* y *Hemicyclammina chalmasi*. En los sedimentos atribuidos al Santoniense

superior predominan *Rotorbinella* spp., *Pararotalia turberculifera* y el nuevo género *Pyrenerotalia longifolia*, que están asociados a *Lacazina elongata* s.l., *Meandropsina vidali*, *Siderolites santoniensis*, etc.

Finalmente en el Campaniense inferior las facies de plataforma abierta están caracterizadas por las mismas formas que en el Santoniense superior, mientras que las facies de plataforma protegida presentan *Pyrenerotalia longifolia*, *Rotorbinella campaniola* y *Orbitokathina campaniana*.

Desde el punto de vista paleogeográfico, la mayoría de los rotálidos descritos están presentes en todo el margen sur de la Cuenca Pirenaica, mientras que en el margen norte, con las muestras que han sido estudiadas, la información es fragmentaria, aunque se continuará su estudio en un futuro próximo.

Por lo que respecta al continente americano, la fauna de macroforaminíferos rotálidos de la bioprovincia Pirenaica (en el sentido de Caus y Hottinger, 1996) se ha comparado con los rotálidos descritos en la bioprovincia correspondiente al Tetis Caribeño, en particular, con las muestras recogidas en Jamaica (localidad tipo de *Kathina jamaicensis* Cushman) y en Mexico. En estas formas, aunque no han sido estudiadas en detalle, no se han reconocido las mismas estructuras que en los géneros de la Cuenca Pirenaica, por lo que en un futuro se deberían abordar estudios de anatomía comparada para conocer la similitud y poder realizar comparaciones entre estas formas.



## *CHAPTER IX*

*Conclusions /Conclusiones*

## IX. CONCLUSIONS

Cretaceous rotaliid foraminifera (family Rotaliidae) from the Pyrenean Basin are grouped into 5 genera: *Iberorotalia* n. gen. with the species *I. reicheli* (Hottinger 1966), *Orbitokathina* Hottinger with two species: *O. vonderschmitti* Hottinger 1966, and *O. campaniana* n. sp., *Pyrenerotalia* n. gen., with the species *P. longifolia* n. sp., *Pararotalia* Le Calvez with the species *P. tuberculifera* (Reuss), and *Rotorbinella* Bandy with the species *R. mesogeensis* Tronchetti, 1981, and *R. campaniola* n. sp. All that forms have been defined by their differences in intra and intercameral shell structures.

Within the Rotaliidae two subfamilies are identified: Rotaliinae and Pararotaliinae. In the first one we included the genera *Iberorotalia*, *Orbitokathina*, *Pyrenerotalia* and *Rotorbinella*, while *Pararotalia* has been included in the second subfamily.

The shell structure of *Pseudorotalia schaubi* Hottinger, 1966, indicates that this species are not belonging to the genus *Pseudorotalia*, and a new genus, *Calcarinella* n. gen., had to be established. This new genus belongs to the Calcarinidae family.

Rotaliid foraminifera appear during Cenomanian times, with the genus *Rotorbinella*, but they diversified after the Early Turonian Eutrophication Event.

Biostratigraphically, the following units have been recognised:

1. Cenomanian, characterized by *Rotorbinella mesogeensis*.
2. Late Turonian –Early Coniacian interval, characterized by *Rotorbinella* spp. (small forms), *Iberorotalia reicheli* (small forms) and *Pararotalia tuberculifera*.
3. Late Coniacian-Early Santonian interval characterized by *O. vondersmitti*, *I. reicheli*, *R. campaniola*, *P. tuberculifera* and *Rotorbinella* spp. (small forms).
4. Mid-Late Santonian interval characterized by *Pyrenerotalia longifolia*, *Pararotalia tuberculifera* and *Rotorbinella* spp.
5. Early Campanian interval, characterized by *O. campaniana*, *P. longifolia*, *R. campaniola*, *Pararotalia turberculifera* and *Rotorbinella* spp.

The calcarinid species *Calcarinella schaubi* appears only within the interval 3.

Large forms like *Orbitokathina*, *Iberorotalia*, *Rotorbinella* and *Calcarinella* characterize lagoonal environments, while *Pararotalia tuberculifera* is a typical open platform rotaliid.

The understanding of Pyrenean rotaliids proves that they do not share common structures with American rotaliids.

## CONCLUSIONES

Los rotálidos (familia Rotaliidae) de la Cuenca Pirenaica han sido agrupados en 5 géneros: *Iberorotalia* n. gen., con la especie *I. reicheli* (Hottinger, 1966); *Orbitokathina* Hottinger con dos especies: *O. vonderschmitti* Hottinger, 1966, y *O. campaniana* n. sp.; *Pyrenerotalia* n. gen., con la especie *P. longifolia* n. sp.; *Pararotalia* con la especie *P. tuberculifera* (Reuss, 1862), y *Rotorbinella* con las especies *R. mesogeensis* Tronchetti, 1981, y *R. campaniola* n. sp.. Todas estas formas se han definido por las diferencias en las estructuras intra e intercamerales de su concha.

En el interior de la familia Rotaliidae se han diferenciado dos subfamilias: Rotaliinae y Pararotaliinae. En la primera se sitúan los géneros *Iberorotalia*, *Orbitokathina*, *Pyrenerotalia* y *Rotorbinella* y en la segunda el género *Pararotalia*.

Las estructuras de la concha de *Pseudorotalia schaubi* Hottinger, 1966, indican que esta especie no corresponde al género *Pseudorotalia*, sino a un nuevo género atribuido a la familia Calcarinidae, *Calcarinella* n. gen.

La aparición de los rotálidos tiene lugar en el Cenomaniense con el género *Rotorbinella*. Este género se sitúa como el origen de los rotálidos. Pero únicamente después del intervalo Cenomaniense- Turoniense tiene lugar la diversificación, con la aparición de nuevos géneros y especies.

Biostratigráficamente, se han reconocido los siguientes intervalos:

1. Cenomaniense, con *Rotorbinella mesogeensis*.

2. Turoniense superior- Coniaciense inferior, caracterizado por *Rotorbinella* spp. (formas de pequeño tamaño), *Iberorotalia reicheli* (formas de pequeño tamaño) y *Pararotalia tuberculifera*.

3. Coniaciense superior- Santoniense inferior, caracterizado por *O. vonderschmitti*, *I. reicheli*, *R. campaniola*, *P. tuberculifera* y *Rotorbinella* spp. (formas de pequeño tamaño).

4. Intervalo Santoniense medio-superior, caracterizado por *Pyrenerotalia longifolia*, *Pararotalia tuberculifera* y *Rotorbinella* spp.

5. Intervalo Campaniense inferior, caracterizado por *O. campaniana*, *P. longifolia*, *R. campaniola*, *Pararotalia tuberculifera* y *Rotorbinella* spp.

El género calcarínido, *Calcarinella schaubi* aparece únicamente en el intervalo 3.

Las grandes formas de *Orbitokathina*, *Iberorotalia*, *Rotorbinella* y *Calcarinella* caracterizan medios de plataforma protegida, mientras *Pararotalia tuberculifera* es típica de los medios de plataforma abierta.

La comparación entre las formas estudiadas y las descritas en América, permite afirmar que las estructuras no son comunes.

## *CAPÍTULO X*

### *Bibliografía*

---

## X. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, M., Bernaus, J.M., Caus, E. y Hottinger, L. (2002), *Lepidorbitoides minima* Douvillé from Mexico, a foraminiferal index fossil for the Campanian, *Journal of Foraminiferal Research*, 32 (2): 126-134.
- Astre, G. (1923), Étude paléontologique des *Nummulites* du Crétacé Supérieur de Cézan- Lavardens (Gers) [*Nummulites mengaudi* n.sp.], *Bulletin de la Société Géologique de France*, Sér. 4, 23: 360-368.
- Bandy, O.L. (1944), Eocene foraminifera from Cape Blanco, Oregon, *Journal of Paleontology*, 18: 366- 377.
- Bassi D., Fugagnoli A. and Hottinger L. (2006), Foraminiferal shell structures – 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> part. *Annali dell'Università degli Studi di Ferrara*, sez. Museologia Scientifica e Naturalistica, vol. 2/1.
- Berástegui, X., Losantos, M., Muñoz, A. y Puigdefabregas, C. (1993), Tall Geològic del Pirineu central 1: 200.000. Servei Geològic de Catalunya. Institut Cartogràfic de Catalunya.
- Berástegui, X., Caus, E. y Puig, C. (2002), Pyrenees, in *The Geology of Spain*, Gibbons, W., Moreno, M.T. (eds), Geological Society of London: 265- 272.
- Bermúdez, P.J. (1952), Estudio sistemático de los foraminíferos rotaliformes, *Boletín de Geología, Venezuela*, 2(4): 1-230.
- Bernaus, J.M. y Caus, E. (2000), Estudi i caracterització dels sediments mesozoics del full MNT, a Escala 1:50.000 d'Oliana (291), Institut Cartogràfic de Catalunya. (Unpublished)

- 
- Billman, H., Hottinger, L. y Oesterle, H. (1980), Neogene to Recent Rotaliid Foraminifera from the Indopacific Ocean; their Canal System, their Classification and their Stratigraphic Use, *Schweizerische Paläontologische Abhandlungen*, 101: 71- 113.
- Bilotte, M. (1984), Le Crétacé supérieur des plates-formes estpyrénéennes: Toulouse, France, Université Paul-Sabatier, Laboratoire de Géologie Sédimentaire et Paléontologie, Strata, Série 2, Mémoires, 1.
- Boix Martínez, C. (2004), Los macroforaminíferos del Coniaciense superior-Santoniense inferior de la Sierra del Montsec (NE de España): un primer paso hacia una biozonación de Macroforaminíferos (Shallow Benthic zones), Research work (DEA), Universitat Autònoma de Barcelona, 1-149 (unpublished).
- Boix, C. y Pérez, R. (2003), The Position of The South Pyrenean Margin in The Late Cretaceous: Evidence for Larger Foraminifera, Volume of Abstracts, AAPG International Conference and Exhibition, 5p.
- Brönnimann, P. y Rigassi, D. (1963), Contribution to the geology and paleontology of the area of the city of La Habana, Cuba, and its surroundings. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 56 (1): 193- 480, 26 plates.
- Brönnimann, P. y Wirz, A. (1962), New Maastrichtian Rotaliids from Iran and Libya, *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 55 (2): 519- 528.
- Brown, N.K.Jr. y Brönnimann, P. (1957), Some Upper Cretaceous rotaliids from the Caribbean region, *Micropaleontology*, 3 (1): 29- 38.
- Brünnich, M.T. (1772), Brünnich Zoologiae Fundamenta. Hafniae at Lipsiae: Grunde I, Dyreloeren.

- Butterlin, J. y Fourcade, E. (1989), Extension stratigraphique et distribution géographique du genre *Lockhartia* DAVIES, 1932 (Foraminifère, Rotaliidae), *Revue de Micropaléontologie* 31(4): 225-242.
- Calonge, A., Caus, E., Bernaus, J.M. y Aguilar, M. (2002), *Praealveolina* (Foraminifera) species: a tool to date Cenomanian platform sediments, *Micropaleontology*, 48 (1): 53-66.
- Carter, H.J. (1861), Further observations on the structure of foraminifera, and on the largest fossilized forms of Scinde, etc., including a new genus and species, *Annals and Magazine of Natural History*, 3 (8): 446- 470.
- Caus, E., Bernaus, J.M. y Gómez- Garrido, A. (1996), Biostratigraphic utility of species of the genus *Orbitoides*. *Journal of Foraminiferal Research*, 26 (2): 124- 136.
- Caus, E., y Cornella, A. (1983), Macroforaminifères du Crétacé supérieur du bassin sud-pyrénéen, *Géologie Méditerranéenne*, 10 (3-4): 137-142.
- Caus, E. y Gómez- Garrido, A. (1989), Correlation of Larger Benthic and Planktonic foraminifera of the late Cretaceous in the South- Central Pyrenees, *Cretaceous of the Western Tethys*. Proceedings 3rd International Cretaceous Symposium, Tübingen: 231-238.
- Caus, E. y Gómez- Garrido, A. (1989), Upper Cretaceous biostratigraphy of the south –central Pyrenees (Lleida, Spain), *Geodinamica Acta*, 3(3):221-228.
- Caus, E., Gómez- Garrido, A, Simó, A. y Soriano, K. (1993), Cenomanian-Turonian platform to basin integrated stratigraphy in the South Pyrenees (Spain), *Cretaceous Research*, 14: 531- 551.
- Caus, E., Llompart, C., Rosell, J. y Bernaus, J.M. (1999), El Coniaciense superior- Santoniense inferior de la Sierra del Montsec (Pirineos, NE de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12 (2): 269-280.



- Caus, E., Rodes, D. y Solé Sugañes, LL. (1988), Biostratigrafía and estructura del Cretácico superior de la Vall d'Alinyà (Pirineo oriental, prov. de Lleida), *Acta Geológica Hispánica* 23(2): 107-118.
- Caus, E., Teixell, A. y Bernaus, J.M. (1997), Depositional model of a Cenomanian- Turonian extensional basin (Sopeira basin, NE Spain): interplay between tectonics, eustasy and biological productivity, *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 129: 23- 36.
- Cherchi, A. y Schroeder, R. (1999), *Ramirezella* n. gen. (Foraminiferida) del Coniaciense superior- Santoniense inferior de la Sierra del Montsec (Provincia de Lérida, España), Libro homenaje a José Ramírez del Pozo, Eds. Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo (AGGEP): 33-42.
- Choukroune, P. (1976), Strain Patterns in the Pyrenean Chain, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 283 (1312): 271-280
- Cole, W.S. (1942), *Lockhartia* in Cuba, *Journal of Paleontology* 16 (5): 640-642.
- Cole, W.S. (1971), Internal structure of three American species of *Rotaliina* (Foraminifera), *Journal of Foraminiferal Research*, 1 (1): 29-38.
- Cornella, A. (1977), Foraminíferos bentónicos del Santoniense del Bco. de la Font de la Plata, Montsec de Rubies (Prov. de Lérida), Publicaciones de Geología, Universidad Autónoma de Barcelona 8, 45 p.
- Cushman, J.A. y Jarvis, P.W (1931), Some new Eocene foraminifera from Jamaica, *Cushman Laboratory Foraminiferal Research*, 7: 75-78.

- Davies, L.M. (1932), The genera *Dictyoconoides* Nuttall, *Lockhartia* nov., and *Rotalia* Lamarck: Their type species, generic differences, and fundamental distinction from the *Dictyoconus* Group of forms, *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, vol. LVII, 2 (13): 397-426.
- Davies, L.M. y Pinfold, E.S. (1937), The Eocene beds of the Punjab Salt Range, *Memoirs of the Geological Survey of India, Paleontologia Indica*, 24: 773-790.
- Decourt, J., Gaetani, M., Vrielnyck, B., Barrier, E., Biju- Duval, B., Brunet, M.F., Cadet, J.P., crasquin, S. y Sandulesen, E. (2000), Atlas Peri- Tethys, Paleogeographical maps. CCGM/ CGMW. Paris.
- Drogger, C.W. (1952), Study of American Myogypsinidae. Zeist: Vonk and Co.
- Drogger, C.W. (1960), Some early Rotaliid Foraminifera I, II and III, *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, Reprinted from Proceedings, Series B, 63 (3): 287-334.
- Drogger, C.W. (1960), Microfauna and age of the Basses Plaines Formation of French Guyana I, *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, Reprinted from Proceedings, Series B, 63 (4): 449-468.
- Ehremberg, C. G. (1839), Über die Bildung der Kreidefelsen und des Kreidemergels durch unsichtbare Organismen, *Physikalische Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, pp. 81-174.
- Finlay, H.J. (1939), New Zealand Foraminifera: Key species in stratigraphy, *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 69.
- Floquet, M. (1991), La plate- forme nord- castillane au Crétacé supérieur (Espagne). Arrière pays ibérique de la marge passive basco- cantabrique. Sédimentation et Vie. *Mémoires Géologiques de la université de Dijon*, 14.

- Gallemí, J., Martínez, R. y Pons, J.M. (1982), Unidades del Cretácico superior en los alrededores de Sant Corneli (Provincia de Lérida), *Cuadernos de Geología Ibérica*, 8: 935- 948.
- Gallemí, J., Martínez, R. y Pons, J.M. (1983), Coniacian- Maastrichtian of the Tremp Area (South Central Pyrenees), *Newsletter Stratigraphy*, 12: 1- 17.
- Gallemí, J., López, G., Martínez, R. and Pons, J.M. (2004), El límite Coniaciense/ Santoniense en el valle del Riu Carreu y en Prats de Carreu, Pirineos centro- meridionales. *Geotemas*, 6(2): 55-58.
- Gendrot, C. (1968), Stratigraphie et Micropaléontologie du Sénonien de la Région des Martigues près Marseille (Bouches- du- Rhône), *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 61 (2): 657- 694.
- Glaessner, M.F. (1945), Principles of micropalaeontology. Melbourne: Melbourne University Press.
- Gómez- Garrido, A. (1981), Foraminíferos planctónicos de la formación Reguard (Turonense) en el valle del Flamicell (Prov. De Lleida), Publicaciones de Geología, 16. Bellaterra. 48 p.
- Gómez- Garrido, A. (1987), Foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior del Surpirineo Central. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. 184 p.
- Gorsel van, J.T. (1978), Late Cretaceous orbitoidal foraminifera, Ed: R. H. Hedley and C. G. Adams, *Foraminifera*, 3: 1- 109.
- Gowda, S.S. (1978), A new genus of foraminifera from the Cretaceous rocks of South India, *Proceedings of the Indian Academy of Sciences, Animal Sciences* 87B: 1-15.

- Gräfe, K.U., (2005), Late Cretaceous benthic foraminifers from the Basque-Cantabrian Basin, Northern Spain, *Journal of Iberian Geology*, 31 (2): 277-298.
- Haque, A.F.M.M. (1956), The Foraminifera of Ranikot and the Laki of the Nammal Gorge, Salt Range, *Palaeontologia Pakistanica*, Geological Survey of Pakistan 1: 1-300.
- Haque, A.F.M.M. (1958), *Cincoriola*, a new generic name for *Punjabia* Haque, 1956; *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research* 9: 103.
- Haque, A.F.M.M. (1960), Some middle to late Eocene smaller foraminifera from the Sor Range, Quetta District, West Pakistan, *Palaeontologia Pakistanica*, Memoirs of the Geological Survey of Pakistan 2 (2): 1-79.
- Hansen, H. J. (1999), Shell construction in modern calcareous Foraminifera, in Sen Gupta, B. K., (ed.) *Modern Foraminifera*, Ch 4: 57–70, Kluwer.
- Hansen, H.J. y Reiss, Z. (1971), Electron microscopy of Rotaliacean wall structures. *Bulletin geological society of Denmark*, 20: 329- 346.
- Hasson, P.F. (1985), New observations on the biostratigraphy of the Saudi Arabian Umm er Radhuma Formation (Paleogene) and its correlations with neighboring regions, *Micropaleontology* 31: 335-364.
- Haynes, J.R. y Whittaker, J.E. (1990), The status of *Rotalia* LAMARCK (Foraminifera) and of the Rotaliidae Ehrenberg, *Journal of Micropaleontology*, 9 (1): 95- 106.
- Hayward, B.W., Buzas, M.A., Buzas-Stephens, P. y Holzmann, M. (2003), The lost types of *Rotalia beccarii* var. *tepida* Cushman 1926, *Journal of Foraminiferal Research*, 33 (4): 352- 354.

- 
- Hinte, J.E. van (1976), A Cretaceous time scale. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*; 60 (4): 498- 516.
- Hofker, J. (1930), Der Generationswechsel von *Rotalia beccarii* var. *flavensis*, nov.var. *Cell and Tissue Research*, 10 (4): 756- 768.
- Hofker, J. (1950), Wonderful animals of the sea: Foraminifera, *The Amsterdam Naturalist*, Vol.I (3).
- Hofker, J. (1951), The Foraminifera of the Siboga expedition In: Siboga-Expeditie.- Uitkomsten op Zoologisch, Botanisch, Oceanographisch en Geologisch Gebied, Leiden.
- Hofker, J. (1951), The toothplate- foraminifera, *Archives Néerlandaises de Zoologie*, tome VIII, 4e livraison.
- Hofker, J. (1957), Foraminiferen der Oberkreide von Nordwestdeutschland und Holland, *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch*, 27: 1- 464.
- Hofker, J. (1959), Les Foraminifères des craies tuffoïdes de Charente et Dordogne de l'Aquitaine, France du Sud- Ouest, 84<sup>o</sup> Congrès des Sociétés Savantes, Dijon, pp. 369- 397.
- Hofker, J. (1968), Studies of Foraminifera, Overdruk Publicaties van het Naturhistorisch Genootschap in Limburg, Reeks XVIII, Aflevering 1 en 2.
- Hooke, R. (1665), *Micrographia* : or some physiological Descriptions of minute Bodies made by Magnifying Glasses. Royal Society of London.
- Hottinger, L. (1962), Recherches sur les Alvéolines du Paléocène et de l'Eocène, *Schweizerische Paläontologische Abhandlung* (1960), 75-76 : 1- 243.

- 
- Hottinger, L. (1966), Foraminifères rotaliformes et Orbitoïdes du Sénonien inférieur pyrénéen, *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 59 (1): 277- 301.
- Hottinger, L. (1974), Alveolinids, Cretaceous- Tertiary larger Foraminifera, ESSO Production Research-European Laboratories.
- Hottinger, L. (1977), Foraminifères operculiniformes. Mémoires Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris. Série C 40, 159 p.
- Hottinger, L. (1978), Comparative Anatomy of Elementary Shell Structure in Selected Larger Foraminifera, in Foraminifera, Eds. R.H. Hedley and C.G. Adams, 3: 204- 266.
- Hottinger, L. (1982), Larger Foraminifera, Giant Cells with a Historical Background, *Naturwissenschaften*, 69: 361- 371.
- Hottinger, L. (1984), Foraminifères de grande taille: signification des structures complexes de la coquille (Larger Foraminifera, the significance of complex shell- structures), Benthos'83; 2nd International Symposium on Benthic Foraminifera (Pau, April 1983): 309- 315, 2 fig.
- Hottinger, L. (1990), Comments on *Neoeponides* (Foraminifera), *Revue de Paléobiologie*, 9 (2): 335- 340.
- Hottinger, L. (2000), Functional morphology of benthic foraminiferal shells, envelopes of cells beyond measure, *Micropaleontology*, 46 (1): 57- 86, text-figures 1-21.
- Hottinger, L. (2006), Illustrated glossary of terms used in foraminiferal research.- Carnets de Géologie / Notebooks on Geology, Brest, Memoir 2006/02 (CG2006\_M02).

- 
- Hottinger, L. y Caus, E. (1986), Particularidades de la fauna (foraminíferos) del Cretácico superior pirenaico. *Paleontologia i Evolució* 20: 115-123.
- Hottinger, L. y Caus, E. (1993), *Praestorrsella roestae* (VISSER), a foraminiferal index fossil for Late Cretaceous deeper neritic deposits, *Zitteliana* 20: 213-221.
- Hottinger, L., Halicz, E. y Reiss, Z. (1991), The Foraminiferal Genera *Pararotalia*, *Neorotalia*, and *Calcarina*: Taxonomic Revision, *Journal of Paleontology*, 65 (1): 18- 33.
- Hottinger, L., Halicz, E. y Reiss, Z. (1991), Architecture of *Eponides* and *Poroeponides* (foraminifera) reexamined, *Micropaleontology*, 37 (1): 60-75, pls. 1-5.
- Hottinger, L., Halicz, E. y Reiss, Z. (1993), Recent foraminiferida from the Gulf of Aqaba, Red Sea, Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti.
- Hottinger, L. y Leutenegger, S. (1980), The structure of Calcarinid Foraminifera, *Mémoires suisses de Paléontologie*, 101: 115-154.
- Hottinger, L., Reiss, Z., y Langer, M. (2001), Spiral canals of some Elphidiidae, *Micropaleontology*, 47 (2): 5-34, plates 1- 11, table 1.
- Hottinger, L y Rosell, J. (1973), El Cretácico superior del Montsec, XIII Coloquio Europeo de Micropaleontología, 73-85.
- Inan, N. (1988), Sur la presence de *Smoutina cruysi* Drogger dans le Maastrichtien superieur de Sivas (Est de la Turquie), *Revue de Paléobiologie* 7(2): 467-475.

- Krijnen, J.P. (1972), Morphology and phylogeny of pseudorbitoid foraminifera from Jamaica and Curaçao, a revisional study, *Scripta Geologica*, 8: 1-133.
- Lamarck, J.B. (1804), Suite des mémoires sur les fossils des environs de Paris, *Annales Muséum National d'Histoire Naturelle*, 5.
- Le Calvez, Y. (1949), Révision des foraminifères Lutétiens du Bassin de Paris. II. Rotaliidae et familles affines, *Mémoires du service de la Carte Géologique Détaillé de la France*, 1-54.
- Leppig, U. (1987), Biostratigraphy of larger foraminifera and facies development from the Upper Albian to the Middle Paleocene in the Sierra de Cantabria and the Montes Obarenes (Northwestern Spain), *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 11: 674- 666.
- Leutenegger, S. (1977), Ultrastructure de Foraminifères perforés et imperforés ainsi que de leur symbiontes, *Cahiers de Micropaléontologie*, Paris, fasc. 3- 1977.
- Lévy, A., Mathieu, R., Poignant, A. y Rosset- Moulinier, M. (1984), Une nouvelle conception des familles Discorbidae et Rotaliidae (A new conception of the Discorbidae and Rotaliidae families), *Benthos'83; 2nd International Symposium on Benthic Foraminifera (Pau, April 1983)*: 381- 387, pl.1.
- Lévy, A., Mathieu, R., Poignant, A. y Rosset- Moulinier, M. (1986), Discorbidae and Rotaliidae: a classification to be revised, *Journal of Foraminiferal Research*, 16 (1): 63-70, pl.1-2.
- Linné, C. (1758), *Systema Naturae*, vol. 1, Holmiae (Stockholm).
- Loeblich, A. R. y Tappan, H. (1964), Sarcodina, chiefly "Thecameobians" and Foraminiferida. Treatise on invertebrate paleontology, Part C, Protista 2, Ed: R.C. Moore, Univ. Kansas Press. Lawrence, 900 pages.



- Loeblich, A. R. y Tappan, H. (1987), Foraminiferal genera and their classification, Ed: University of California, 1, 2: 970 pages.
- Marie, P. (1946), Sur *Laffitteina bibensis* et *Laffitteina monodi* nouveau genre et nouvelles espèces de foraminifères du Montien, *Bulletin de la Société Géologique de France* (1945) sér. 5, 15: 419-434.
- Martínez, A., J. Vergés y J.A. Muñoz (1988) Secuencias de propagación del sistema de cabalgamientos de la terminación oriental del manto del Pedraforca and relación con los conglomerados sinorogénicos. *Acta Geol. Hispanica.*, 23(2); 119-127.
- Martínez, A., Berástegui, X., Losantos, M. y Schöllhorn, E. (2001), Estructura de los mantos superior e inferior del Pedraforca (Pirineos orientales), *Geogaceta* 30: 183-186.
- Mató, E., Saula, E. Berástegui, X y Caus, E. (1996), Estratigrafía del Macizo del Montgrí, *Geogaceta*, 20 (1): 58-61.
- Mercedes, R (2005), Ammonites e Inocerámidos del Santoniense – Campaniense del Bco. de la Podedga (Cuenca de Tremp, Pirineos surcentrales): estudio paleontológico and biostratigráfico, Research work (MSc), Universitat Autònoma de Barcelona, 185 páginas, 24 láminas.
- Meriç, E. y Çoruh, T. (1998), *Neosivasella sungurlui*, a new genus and species from the Upper Paleocene of southeast Turkey, *Micropaleontology*, 44 (2): 187- 194.
- Mey, P., Nagtegaal, P., Roberti, K. J. y Hartevelt, J. (1968), Litostratigraphic subdivision of Post -Hercinian deposits in the South- Central Pyrenees. *Leidse Geologische Mededelingen*, 41: 221- 228.

- Müller- Merz, E. (1980), Strukturanalyse ausgewählter rotaloider Foraminiferen (Structural Analysis of Selected Rotaliid Foraminifera), *Schweizerische Paläontologische Abhandlungen*, 101: 6- 39.
- Muñoz, J. A. (1984), Estructura alpina i herciniana a la zona sud de la vorera del Pirineu oriental. Research work (PhD), Universitat de Barcelona (unpublished): 305 p.
- Muñoz, J. A. (2002), Pyrenees, in The Geology of Spain. Gibbons, W., Moreno, M.T. (eds), Geological Society of London: 370-385.
- Muñoz, J.A., Puigdefàbregas, C. y Fontbote. J.M. (1984), Orógenos alpinos III. En: Pirineo. IGME. Ed. Libro Jubilar J.M. Rios, Geología de España, 2: 161- 205.
- Neumann, M. (1967), Manuel de Micropaléontologie des Foraminifères (Systématique- Stratigraphie), Ed: Gautier- Villars, 297 p.
- Nuttall, W.L.F. (1925), Two species of Eocene foraminifera from India ; *Alveolina elliptica* and *Dictyoconoides cooki*, *Annals and magazine of Natural History*, ser.9, 16 : 378-388.
- Nuttall, W.L.F. (1928), Notes on the Tertiary foraminifera of southern Mexico, *Journal of Paleontology* 2 : 372-376.
- Orbigny, A. d', (1839), Foraminifères, in Ramon de la Sagra, Historie physique, politique et naturelle de l'île de Cuba, Ed: Arthus Bertrand.
- Özgen- Erdem, N. (2002), *Sirelella safranboluensis* n.gen., n. sp., a foraminifer from the Lutetian of the Safranbolu Area (Northern Turkey), *Micropaleontology*, 48 (1): 79- 86.

- Parker W.K. y Jones, T.R. (1865), On some foraminifera from the North Atlantic and Arctic oceans, including Davis Straits and Baffin's Bay, *philosophical Transactions of the Royal Society* 155: 325- 441.
- Parvatti, S. (1971), A study of some rotaliid Foraminifera, *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen en Amsterdam*, ser.B 74:1-26.
- Pascual, O., Pons, J.M. y Vicens, E. (1989), Rudists horizons in the Montsec (South Central Pyrenees), en Wiedmann, J. (Ed), Cretaceous of the Western Tethys. Proceedings 3º International Cretaceous Symposium: 215-230.
- Pessagno, E. A. Jr. (1960), Stratigraphy and micropaleontology of the Cretaceous and lower Tertiary of Puerto Rico, *Micropaleontology*, 6 (1): 87- 110, pls. 1-5, text-figs.1-2, charts, 1.3.
- Pons, J.M. (1977), Estudio estratigráfico y paleontológico de los yacimientos de rudistas del Cretácico Superior del Prepirineo de la provincia de Lérida, Publicaciones de Geología, Universidad Autónoma de Barcelona, 3. 105p.
- Ramírez del Pozo, J. (1971), Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica), Memoria del Instituto Geológico Minero de España, Madrid, 78, 357p.
- Reiss, Z. (1960), Structure of so-called Eponides and some other Rotaliiform Foraminifera, Ministry of Development Geological Survey, Bulletin nº29, 19 p, Geological Survey of Israel, Paleontology Division, Jerusalem.
- Reiss, Z. (1963), Reclassification of Perforate Foraminifera, Ministry of Development Geological Survey, Bulletin nº35, Geological Survey of Israel, Paleontology Division, Jerusalem.

- 
- Reiss, Z. y Hottinger, L. (1984), The Gulf of Aqaba, Ecological Micropaleontology, Springer- Verlag, 354 p.
- Reiss, Z. and Merling, P. (1958), Structure of some Rotaliidea, Ministry of Development Geological Survey, Bulletin nº21, 19 p, Geological Survey of Israel, Paleontology Division, Jerusalem.
- Reverts, S.A. (2001), The genus *Rotorbinella* BANDY, 1944 and its classification, *Journal of Foraminiferal Research*, 31 (4): 315- 318.
- Reverts, S.A. (2002), The genus *Albertinopsis*, Gen. Nov. and the relations between Gavelinellidae and Rosalinidae, *Journal of Foraminiferal Research*, 32 (1): 51- 56.
- Saidova, Kh. M. (1981). O sovremennom sostoyanii sistemy nadvidovykh taksonov Kaynozoykskikh bentos-nykh foraminifer [On an up-to-date system of supraspecific taxonomy of Cenozoic benthonic foraminifera]. Moscow: Institut Okeanologii P. P. Shirshova, Akademiya Naul SSSR.
- Schaub, H. (1981), Nummulites et Assilines de la Téthys paléogène. Taxinomie, phylogenèse et biostratigraphie, *Mémoires Suisses de Paléontologie*, 10: 104- 106.
- Schlumberger, C. (1899), Note sur quelques foraminifères nouveaux ou peu connus du Crétacé d'Espagne, *Bulletin de la Société géologique de France*, 3 (27): 456- 465.
- Seguret, M. (1972), Étude tectonique des nappes et séries décollés de la partie centrale du versant sud des Pyrenees. Caractère synsédimentaire, rôle de la compression et de la gravité, Tesis Doctoral Universidad de Montpellier, Publ. Ustela, Sér. Géol. Struct., 2, 155 p.

- Seiglie, G.A. y Alaya- Castañares, A. (1963), Sistemática and biostratigrafía de los foraminiferos grandes del Cretácico Superior (Campaniano and Maestrichtiano) de Cuba, *Paleontología Mexicana*, 13 : 1-56.
- Serra-Kiel, J., Hottinger, L., Caus, E., Drobne, K., Ferràndez, C., Less, G., Jahuri, A. K., Less, G., Pavlovec, R., Pignatti, J., Samsó, J.M., Schaub, H., Sirel, E., Tambareau, Y., Tosquella, J. y Zakrevskaya, E. (1998), Larger Foraminiferal Biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene. *Bulletin de la Société géologique de France*, 169 (2): 281- 299.
- Servei Geològic de Catalunya (1995), Mapa Geològic de Catalunya 1 :25000, L'Estartit (297-1-2). Publicacions Institut Cartogràfic de Catalunya.
- Sigal, J. (1952), Aperçu stratigraphique sur la micropaléontologie du Crétacé, in XIX Congrès Géologique International, Monographies Régionales, série 1, Algérie 26 : 1-47.
- Simó, A. (1985), Secuencias deposicionales del Cretácico superior de la Unidad del Montsec, Pirineo Central, Research work (PhD), Universitat de Barcelona, 325 p.(unpublished)
- Simó, A. (1986), Carbonate platform depositional sequences, Upper Cretaceous, South- Central Pyrenees (Spain). En : Banda, E. and Wickman, S.M. (Eds), the Geological Evolution of the Pyrenees. Tectonophysics, 129 : 205-321.
- Simó, A., Puigdefàbregas, C. y Gili, E. (1985), transition from shelf to basin on an active slope. Upper Cretaceous Tremp area, southern Pyrenees. International Association of Sedimentology, 6th European Meeting. Lerida Excursion Guidebook, 2 : 61-108.
- Sirel, E. (1969), On the discovery of *Orduina* N. Gen., a new genus of the Family Rotaliidae, Mineral Research and Exploration, Institute of Turkey .

- Sirel, E.(1973), Description of a new *Cuvillierina* species from the Maastrichtian of Cide (Northern Turkey), *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 16 (2): 69-76.
- Sirel, E. (1991), *Cideina*, a new foraminiferal genus from the Maastrichtian limestone of the Cide region (North Turkey), *Mineral Research and Exploration Bulletin*, 112: 65-70.
- Sirel, E. (1996), Description and geographic, stratigraphic distribution of the species of *Laffitteina* Marie from the Maastrichtian and Paleocene of Turkey, *Revue de Paléobiologie* 15(1): 9-35.
- Sirel, E. (1998), Foraminiferal description and biostratigraphy of the Paleocene-lower Eocene shallow- water limestones and discussion on the Cretaceous- Tertiary boundary in Turkey- General Directorate of the Mineral Research and Exploration. Monography Series nº2, 117 pp, 68 plates.
- Sirel, E., Gündüz, H. y Acar, S. (1983), Sur la presence d'une nouvelle espece d'*Orbitokathina* HOTTINGER dans le Thanetien de Van (Est de la Turquie), *Revue de Paleobiologie*, 2 (2): 149-159.
- Skelton, P.W., Gili, E., Vicens, E., Obrador, A y López, G. (2003), Revised lithostratigraphy of the Upper Cretaceous (Santonian) carbonate platform succession on the northern flank of Sant Corneli, southern Central Pyrenees, *Jorurnal of Iberian Geology*, 29 : 73-87.
- Smout, A.H. (1954), Lower Tertiary Foraminifera of the Qatar Peninsula, British Museum (Natural History), London.
- Solé- Sabarís, L., Fontboté, J.M., Masachs, V. y Virgili, C.(1956): Publicaciones del Instituto Geológico, Universidad de Barcelona, 229: 145-152.

- Storrs Cole, W. (1942), *Lockhartia* in Cuba, *Journal of Paleontology*, 16 (5): 640- 642, pl. 92.
- Storrs Cole, W. (1971), Internal Structure of three American species of *Rotaliina* (Foraminifera), *Journal of Foraminiferal Research*, 1 (1): 29- 38, pls 1-3.
- Teixell, A. (2004), Estructuras alpinas de la cobertera surpirenaica central. En: Geología de España, Ed: J.A. Vera. 3: 325-328.
- Terkem, O. (1882) Les foraminifères de l'Éocène des environs de Paris, *Mémoires de la Société Géologique de France*, s.3: 25-77.
- Torre, M. (1966), Alcuni foraminiferi del Cretacico superiore Della penisola Sorrentina, *Bolletino della Società dei naturalista in Napoli*, vol LXXV:409-431.
- Tronchetti, G. (1981), Les Foraminifères crétacés de Provence (Aptien-Santonien), These, Travaux de Laboratoire de Geologie Historique et de Paleontologie, n°12, Universidad de Provenza, 559 p.
- Vaughan, T.W. (1933), The biogeographic relations of the orbitoid foraminifera, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 19: 922-938.
- Villalonga, R. (2007), Macroforaminíferos de la unidad « Calizas de Terradets » (Campaniense, Serra del Montsec, NE de España) : clasificación, distribución paleoambiental and biostratigrafía . Research work (MSc), Universitat Autònoma de Barcelona, 86p.
- Wannier, M. (1980), la structure des Siderolitinae, foraminifères du Crétacé supérieur, *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 73 (3): 1008- 1029.
- Wannier, M. (1983), Evolution, Biostratigraphie et Systématique des Siderolitinae (Foraminifères). *Revista Española de Micropaleontología*, 15 (1): 5- 38.

Yabe, H. y Asano, K. (1937), Contribution to the palaeontology of the Tertiary formation of west Java ; part I, Minute foraminifera from the Neogene of west Java, *Science Reports of the Tôhoku University*, Sendai, ser.2, Geology 19 : 87- 126.

Ziegler, P.A. (1988), Evolution of the Arctic- North Atlantic and the western Tethys, Publication of the International lithosphere Program, n° 0144 for the Inter- Union Commission on the Lithosphere, AAPG Memoir 43, 193 p., 30 plates.



## *CAPIΤULO XI*

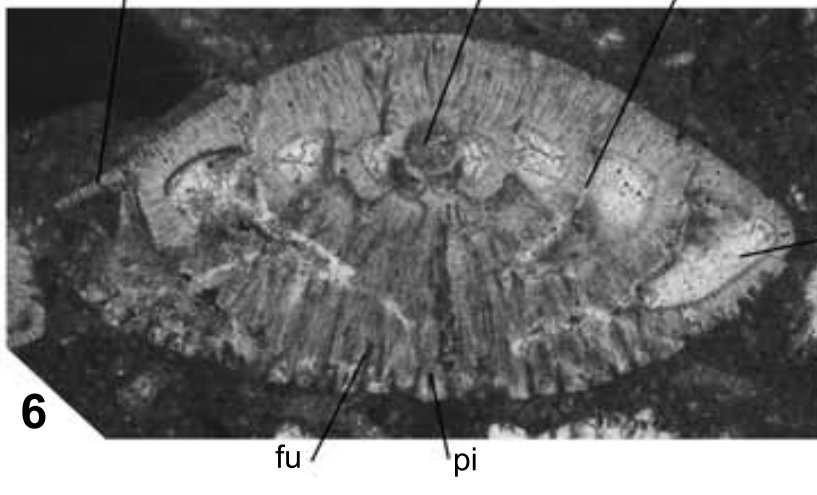
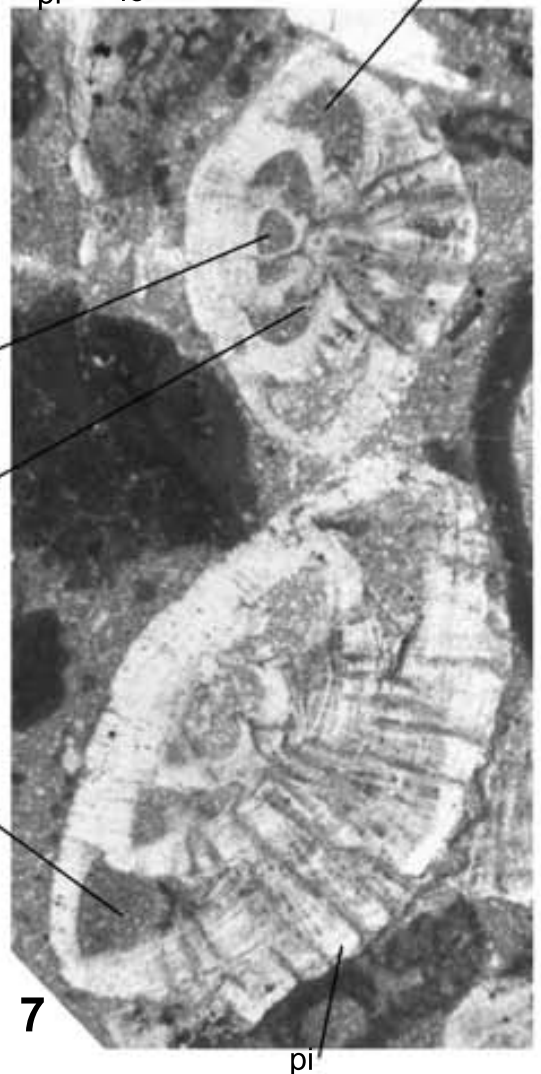
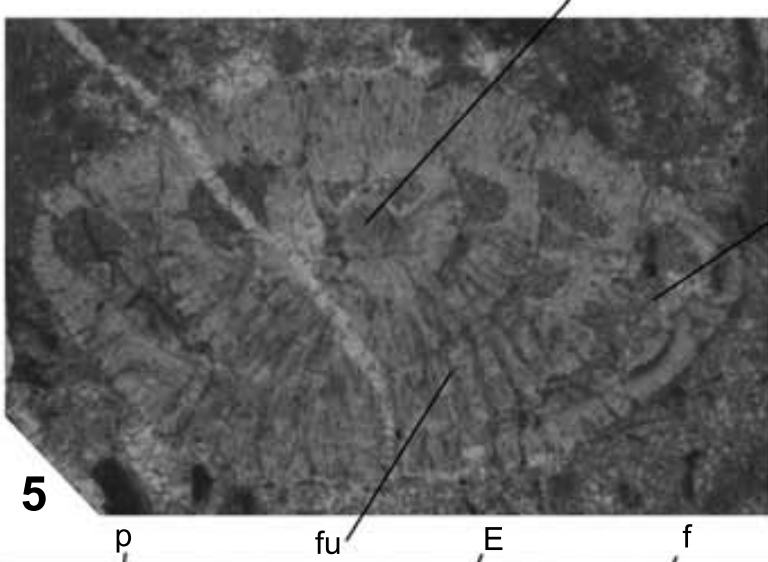
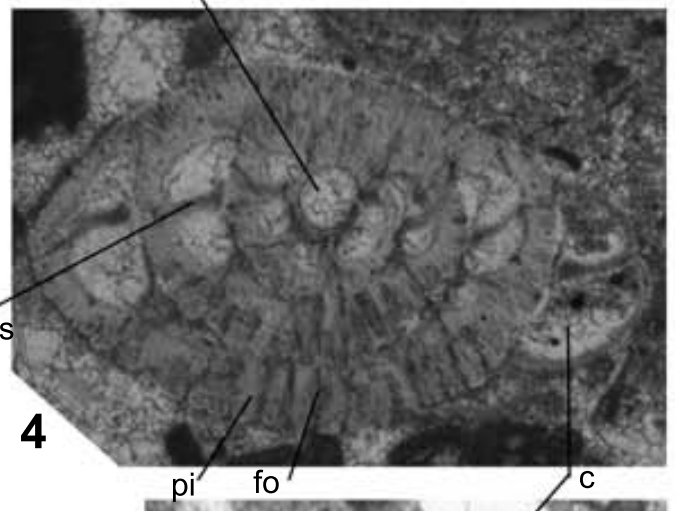
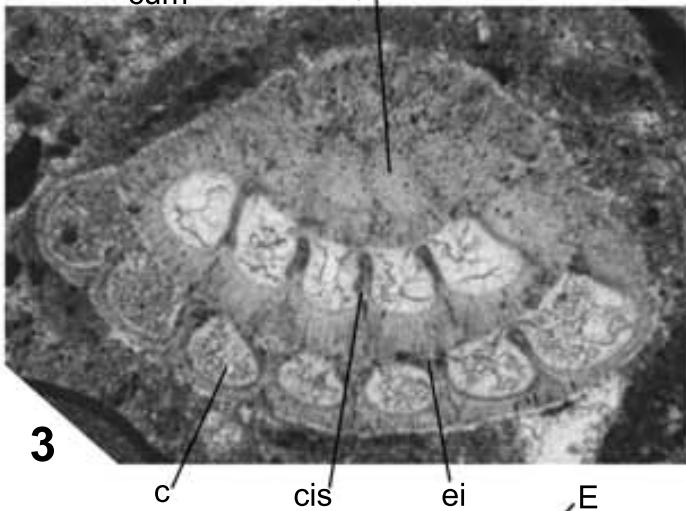
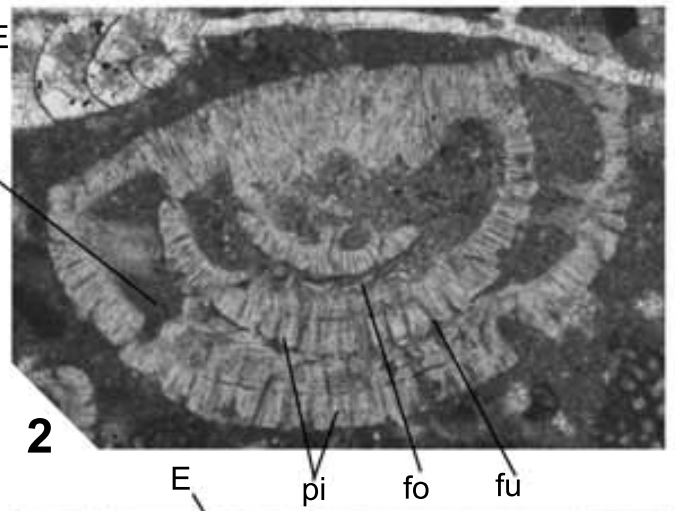
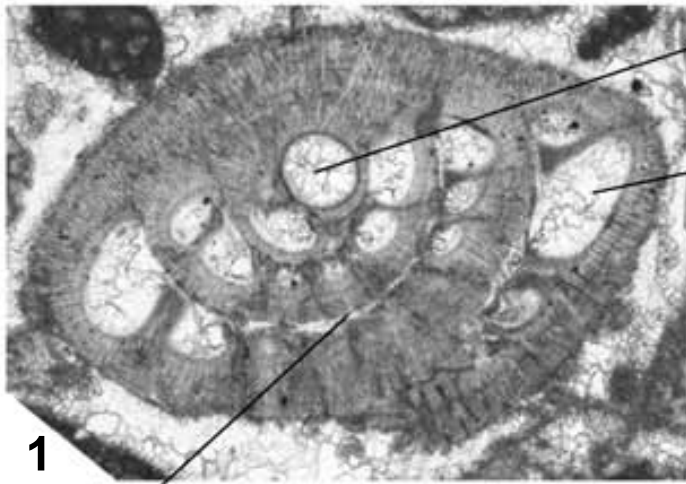
### *Láminas*

## LÁMINA I

*Orbitokathina vonderschmitti* HOTTINGER, 50X, Forma macrosférica.

- 1, 4, 5) Secciones oblicuas centradas en las que puede observarse el embrión.
- 2) Sección oblicua, con la pared bastante disgregada, en la que se observan perfectamente la distribución regular de apilamientos de láminas y funnels.
- 3) Sección oblicua, casi tangencial, en la que puede verse, en la parte superior, la distribución de los poros en la pared externa.
- 6) Sección axial de *O. vonderschmitti*, en la que parecen distinguirse algunos forámenes intercamerales. Nótese la continuidad de los funnels y de los apilamientos de láminas de una vuelta de cámara a la siguiente.
- 7) Sección subaxial y axial de dos individuos de *O vonderschmitti*.

# LAMINA I

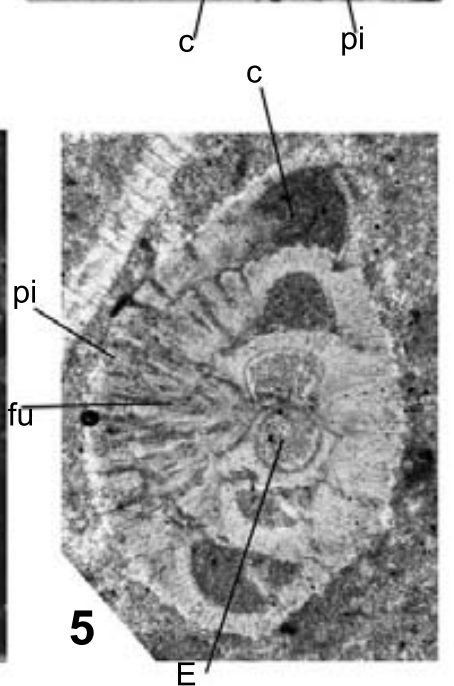
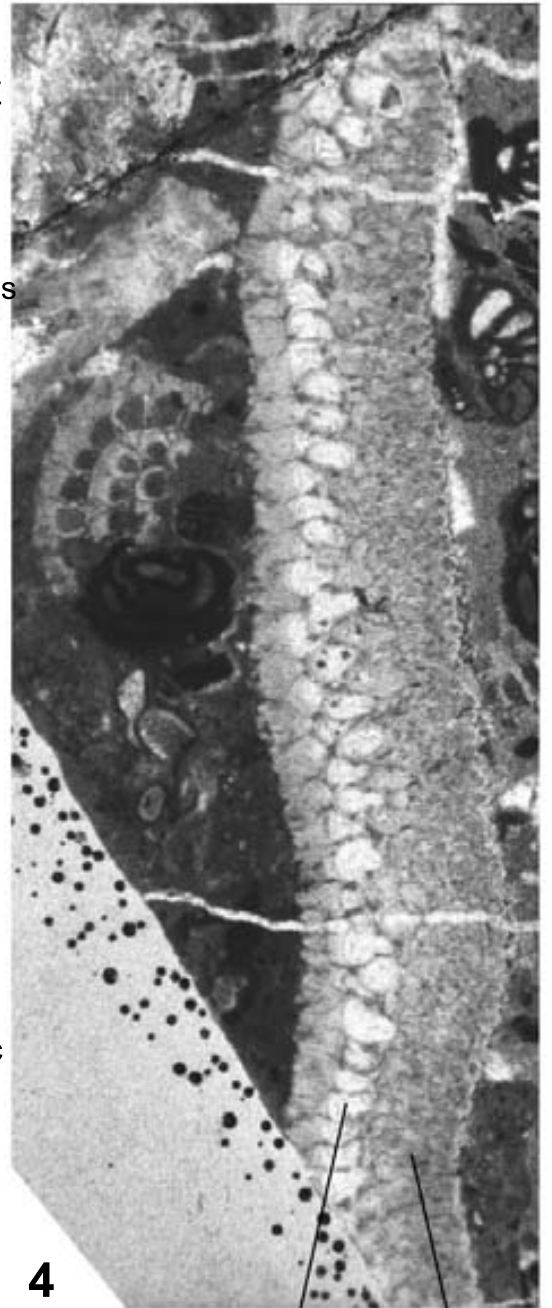
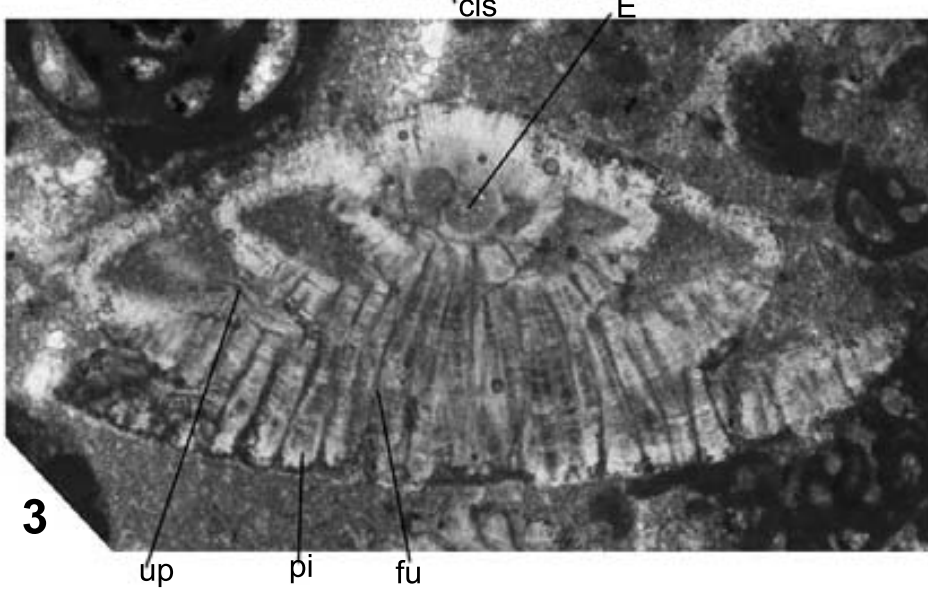
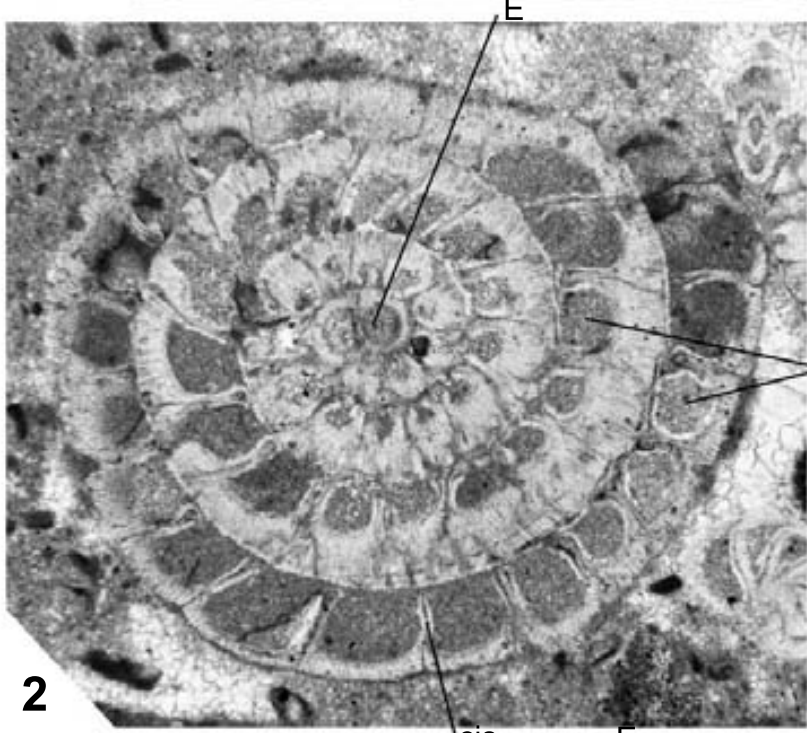
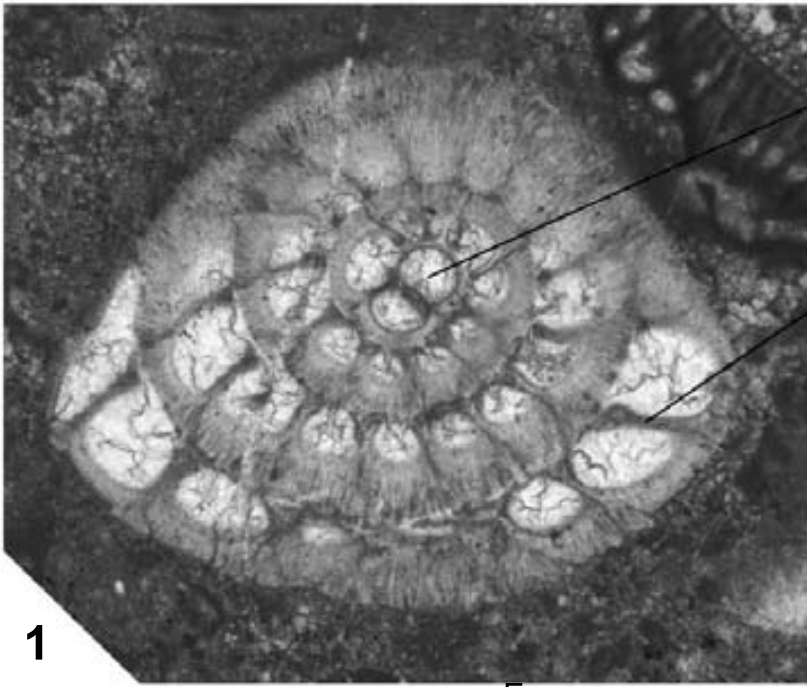


## LÁMINA II

### *Orbitokathina vonderschmitti* HOTTINGER

- 1,) Sección oblicua centrada, cercana a la transversal, de un individuo macrosférico, en la que puede distinguirse la protoconcha de la deuterconcha. Nótese la posición de los forámenes intercamerales. 50X.
  
- 2) Sección transversa de un individuo macrosférico, en la que puede distinguirse el aparato embrionario, y donde el sistema de canales queda bien reflejado (canales intraseptales y canal umbilicoespiral). 50X.
  
- 3) Sección axial de un individuo macrosférico de *O. vonderschmitti*. Nótese la continuidad de los funnels y de los apilamientos de láminas de una vuelta de cámara a la siguiente. 50X.
  
- 4) Sección "axial" de *O. vonderschmitti* forma B, a la izquierda de la cual aparece un fragmento de forma macrosférica. Note la diferencia de morfología entre una forma y la otra. 25X.
  
- 5) Sección oblicua centrada de una forma macrosférica de *O. vonderschmitti*. 50X.

# LAMINA II

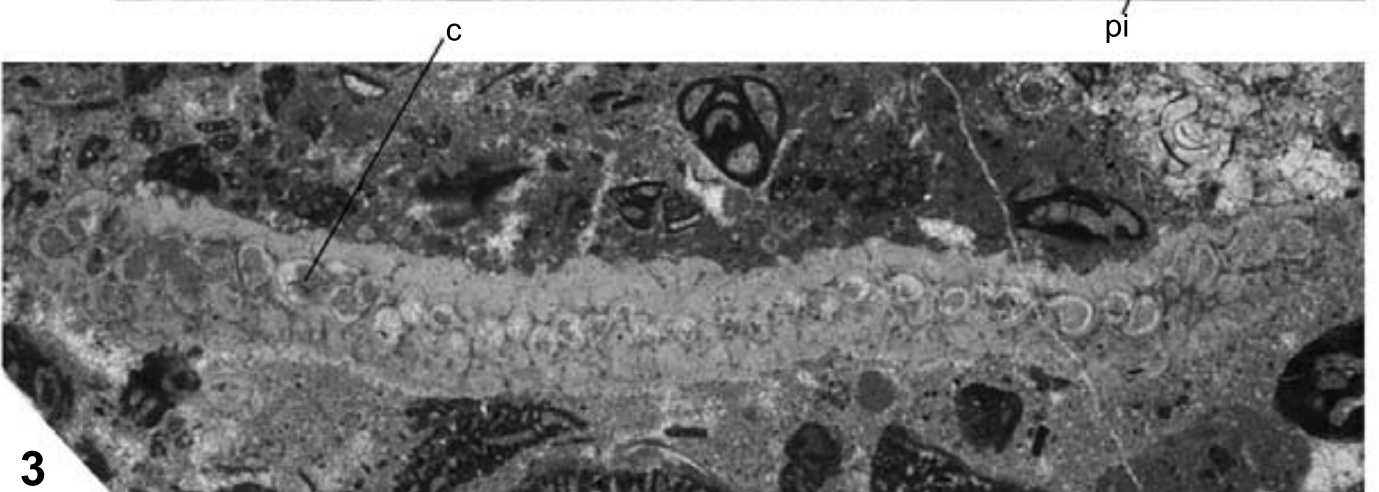
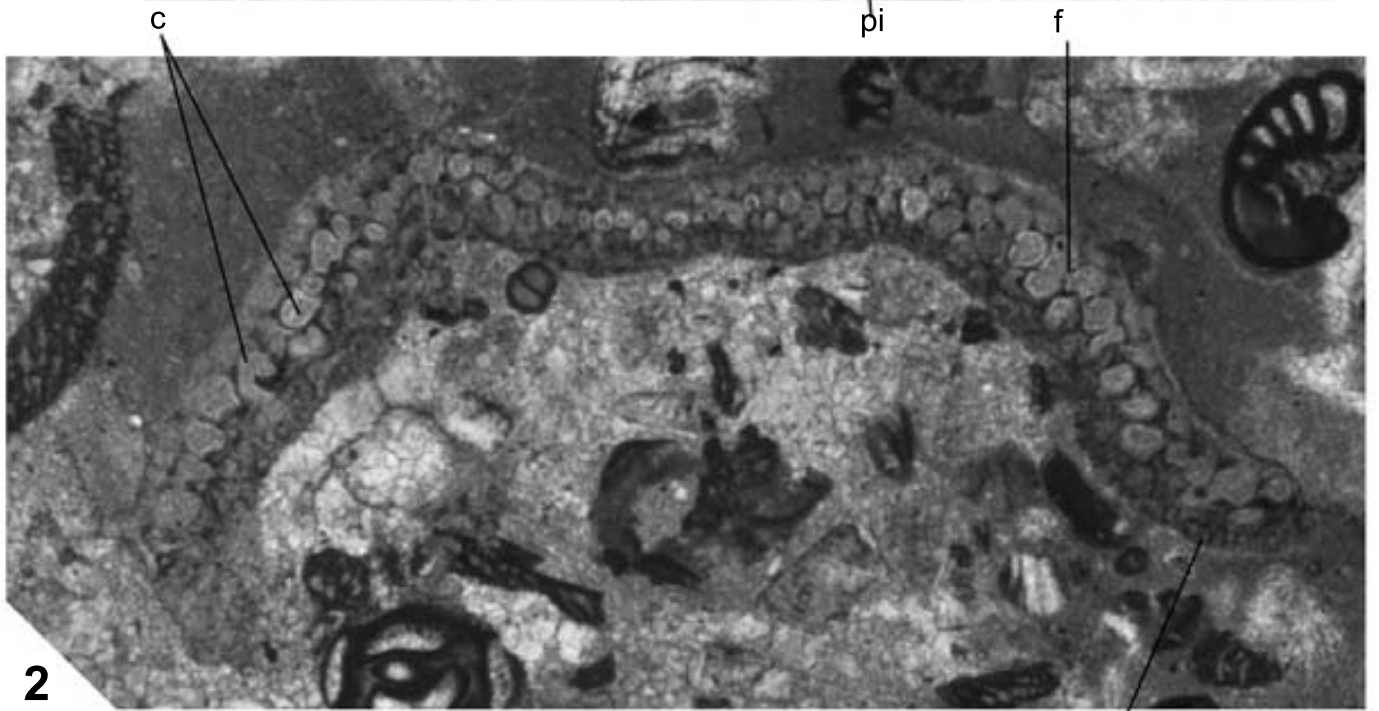


### **LÁMINA III**

*Orbitokathina vonderschmitti* HOTTINGER, Forma microsférica.

- 1) Sección axial de un ejemplar muy dañado en el que puede distinguirse el embrión y el estadio juvenil trocospiral del organismo. 100X.
  
- 2, 3) Secciones axiales en las que se distingue la cara dorsal (con pequeños poros) de la ventral (con apilamientos de láminas y funnels). Ambas a 25X.

# LAMINA III



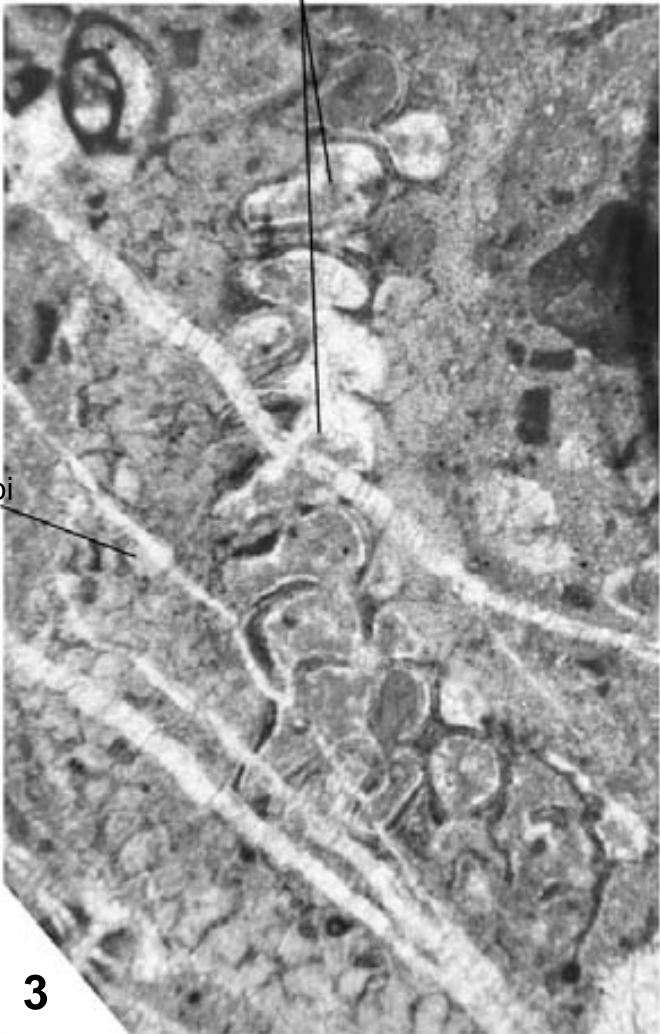
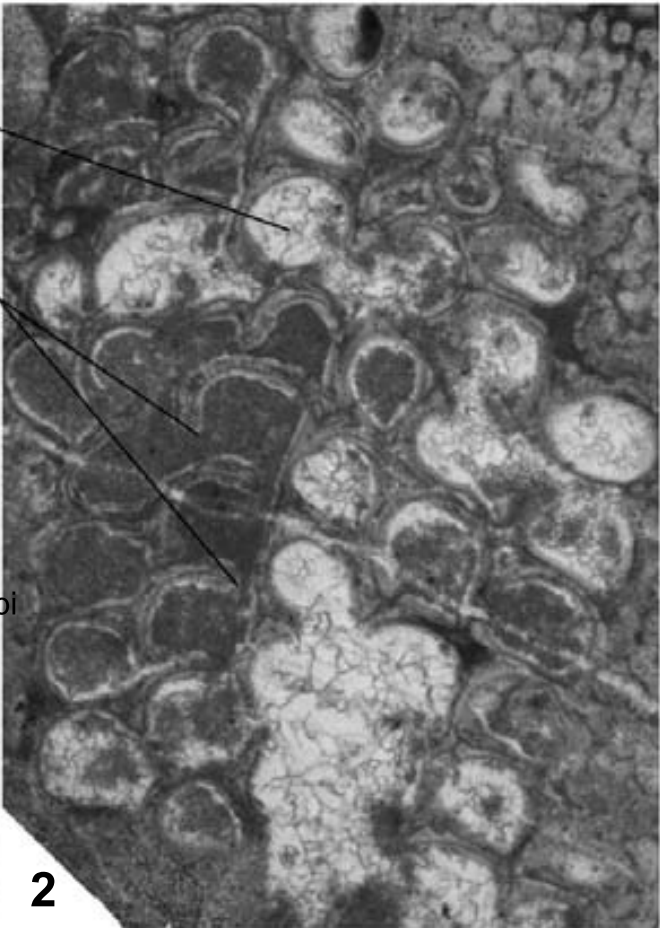
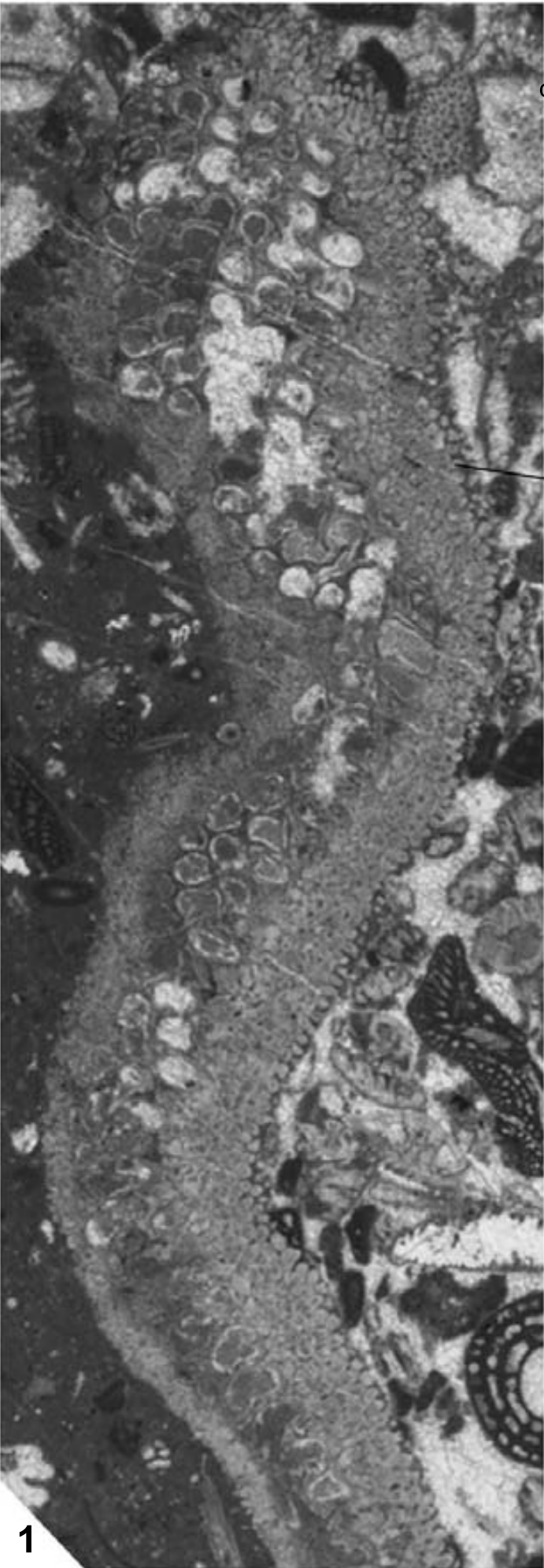
## LÁMINA IV

*Orbitokathina vonderschmitti* HOTTINGER, Forma microsférica.

- 1) Sección oblicua de un gran ejemplar de *O. vonderschmitti* en la que puede distinguirse la disposición orbitoidal de las cámaras. Nótese la diferencia entre la pared de la cara dorsal, con finos poros, y la ventral, con apilamientos de láminas y funnels. 25X.
- 2) Ampliación de la fotografía 1 en la que pueden distinguirse las cámaras de morfología orbitoidal, y la presencia de rampas. 50X
- 3) Fragmento de *O. vonderschmitti* en sección oblicua, donde la disposición orbitoidal de las cámaras parece no ser tan evidente, aunque se distingue, en su cara ventral, varios apilamientos de láminas y secciones de funnels.



LAMINA IV



1

2

3

## LÁMINA V

*Orbitokathina campaniana* n.sp., Forma macrosférica. 100X

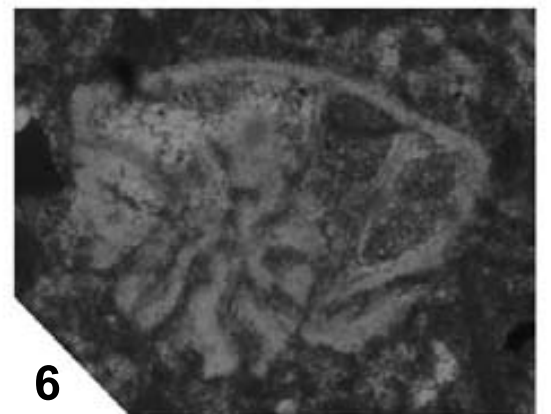
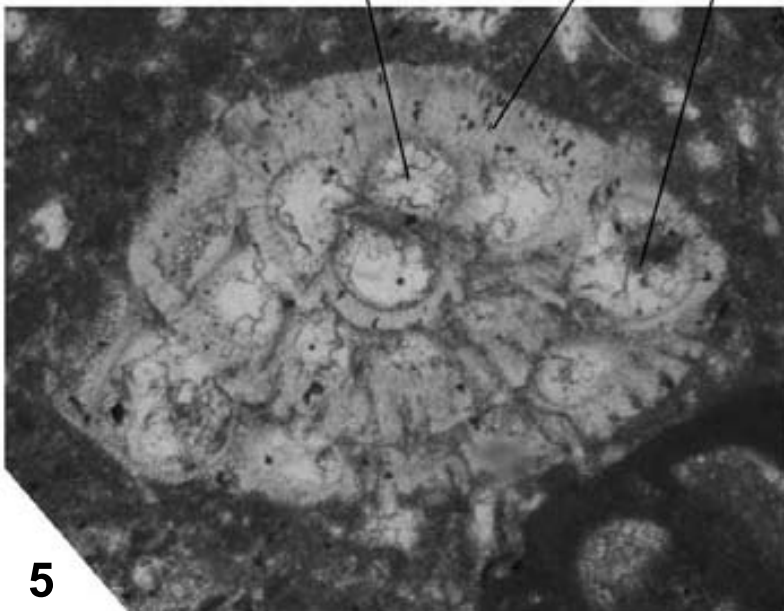
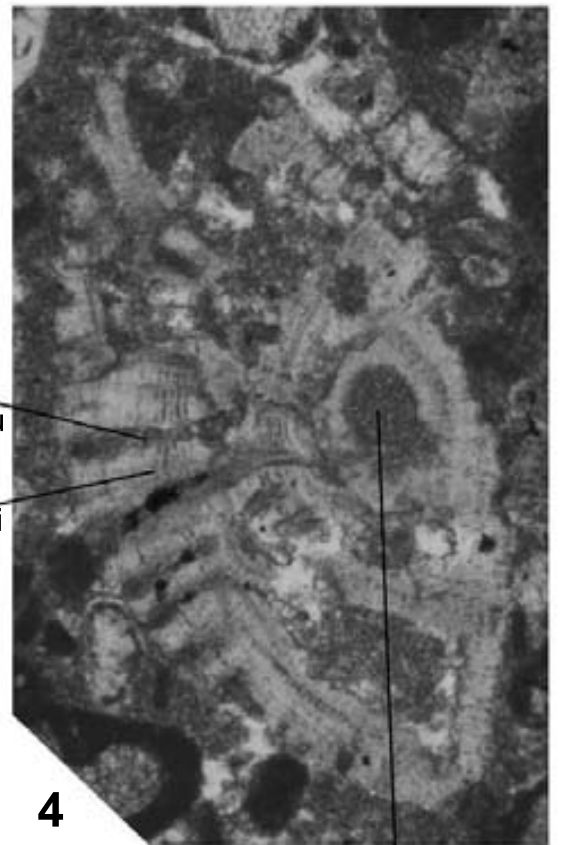
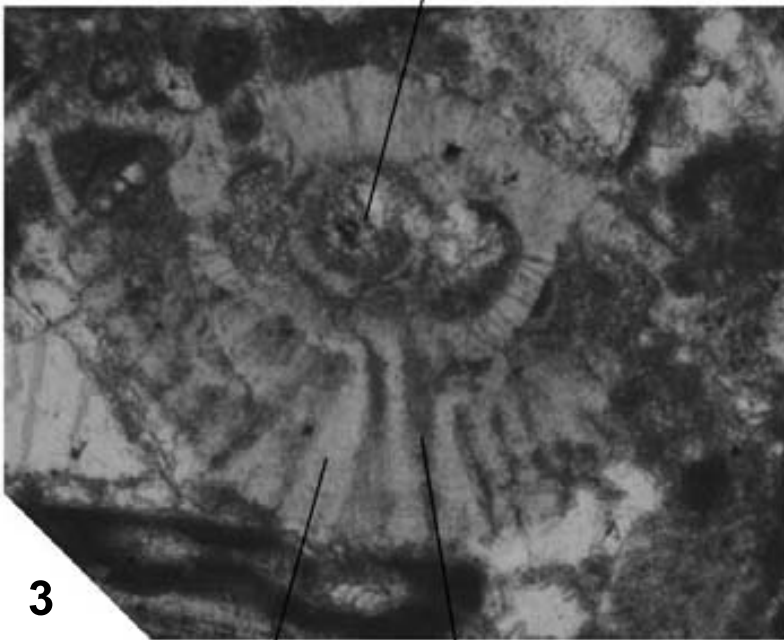
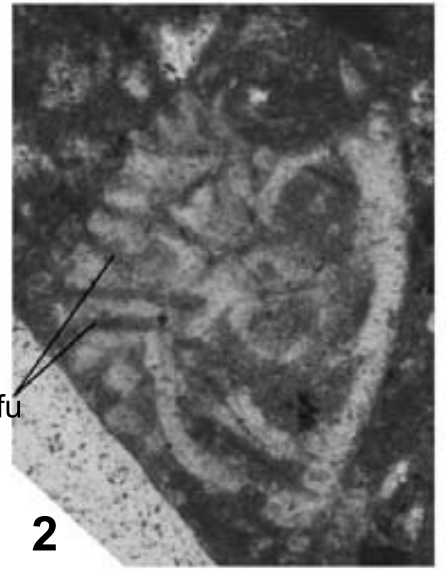
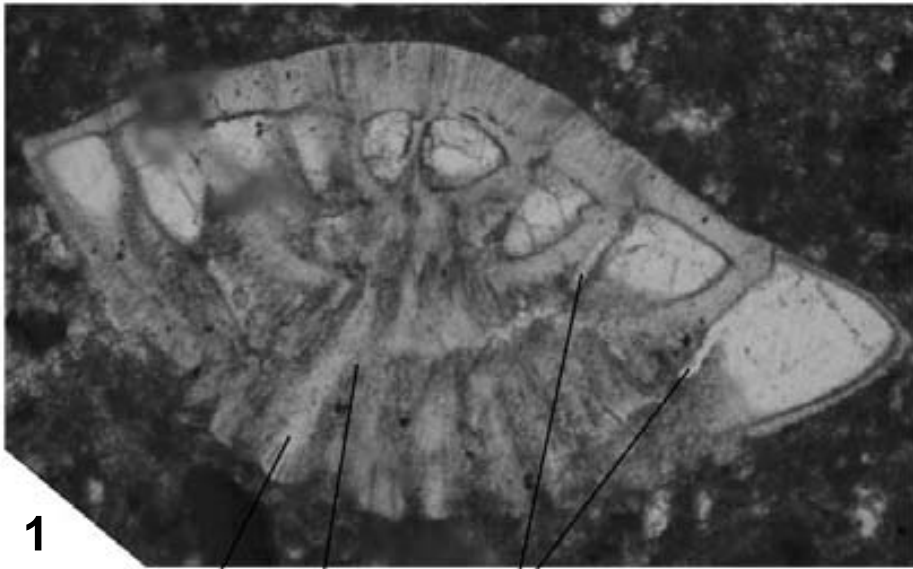
1) Sección subaxial de *O. campaniana*, en el que pueden distinguirse algunas de los forámenes intracamerales.

2,6) Secciones oblicuas en las que se distinguen los apilamientos de láminas y los funnels que discurren entre ellas.

3,4) Secciones oblicuas centradas de *O. campaniana*, próximas a la axial. En estos casos las aberturas no se presentan de manera clara, pero puede distinguirse el gran tamaño del embrión, así como la continuidad de los funnels de una vuelta de la espira a la siguiente.

5) Secciones oblicuas centradas próxima a la transversal, en la que se distingue la protoconcha y la deuterconcha del individuo.

LAMINA V



## LÁMINA VI

*Orbitokathina campaniana* n.sp., Forma macrosférica. 100X

1) Sección oblicua centrada próxima a la axial, en la que puede observarse el embrión de gran tamaño, así como los folia oblicuos.

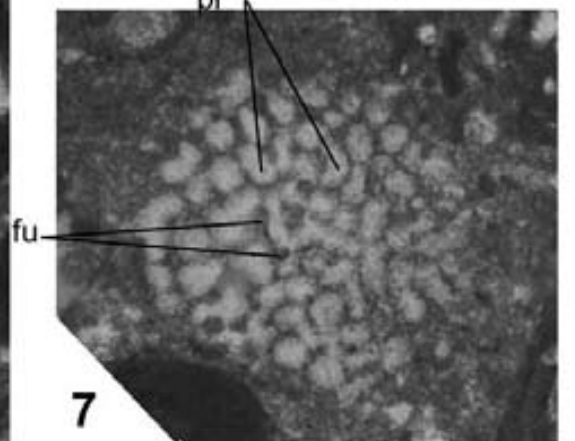
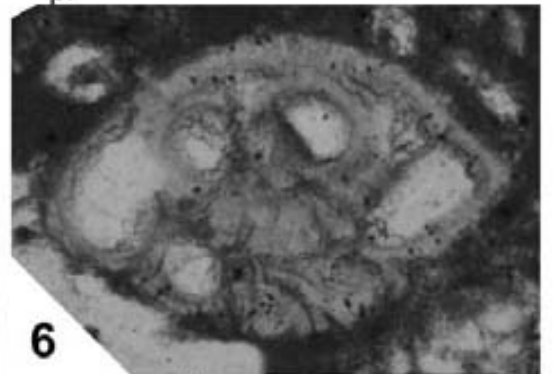
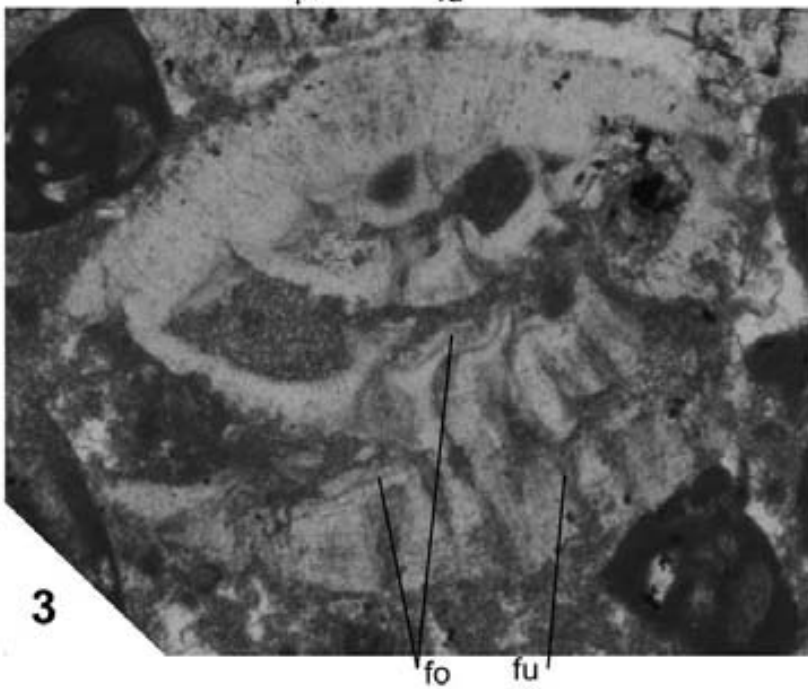
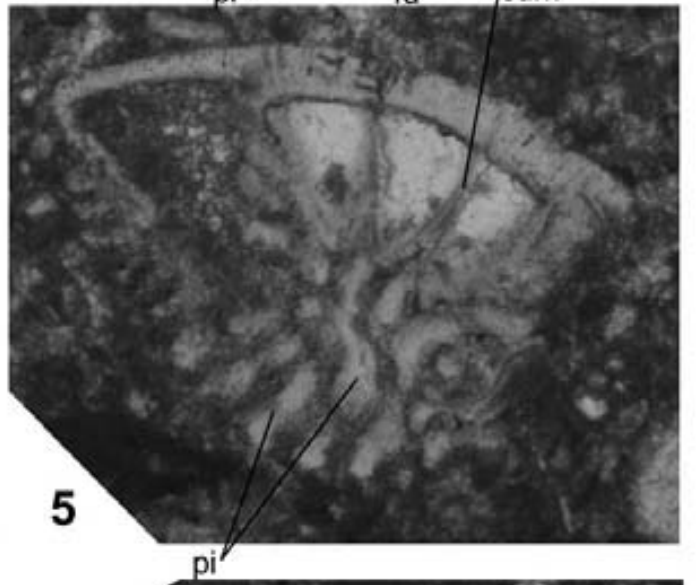
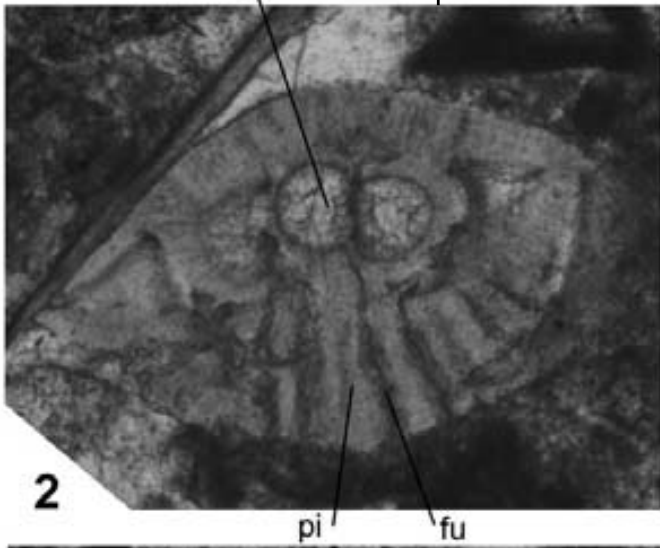
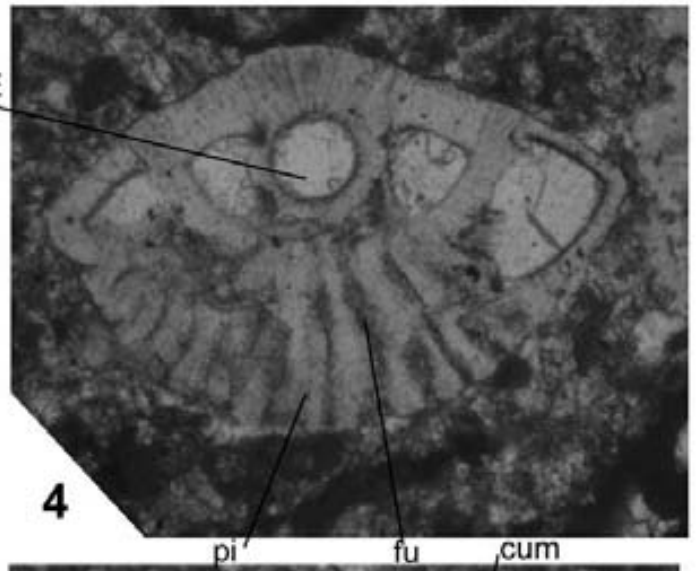
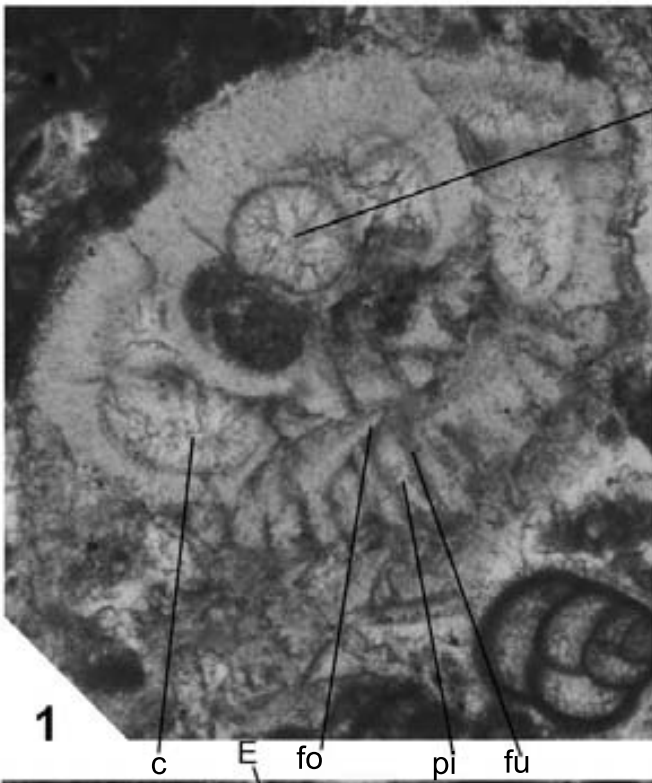
2, 4) Secciones axiales en la que puede verse la concha y la deuterokoncha (2). En ninguno de los dos casos ha sido posible distinguir las aberturas.

3) Sección oblicua en la que puede verse con claridad la oblicuidad de los folia de las sucesivas cámaras, y como se imbrican ligeramente entre sí.

5, 6) Secciones oblicuas de *O. vonderschmitti*.

7) Sección tangencial de la cara ventral, en la que pueden distinguirse las secciones de los apilamientos de láminas, así como las secciones de los funnels entre ellos.

LAMINA VI

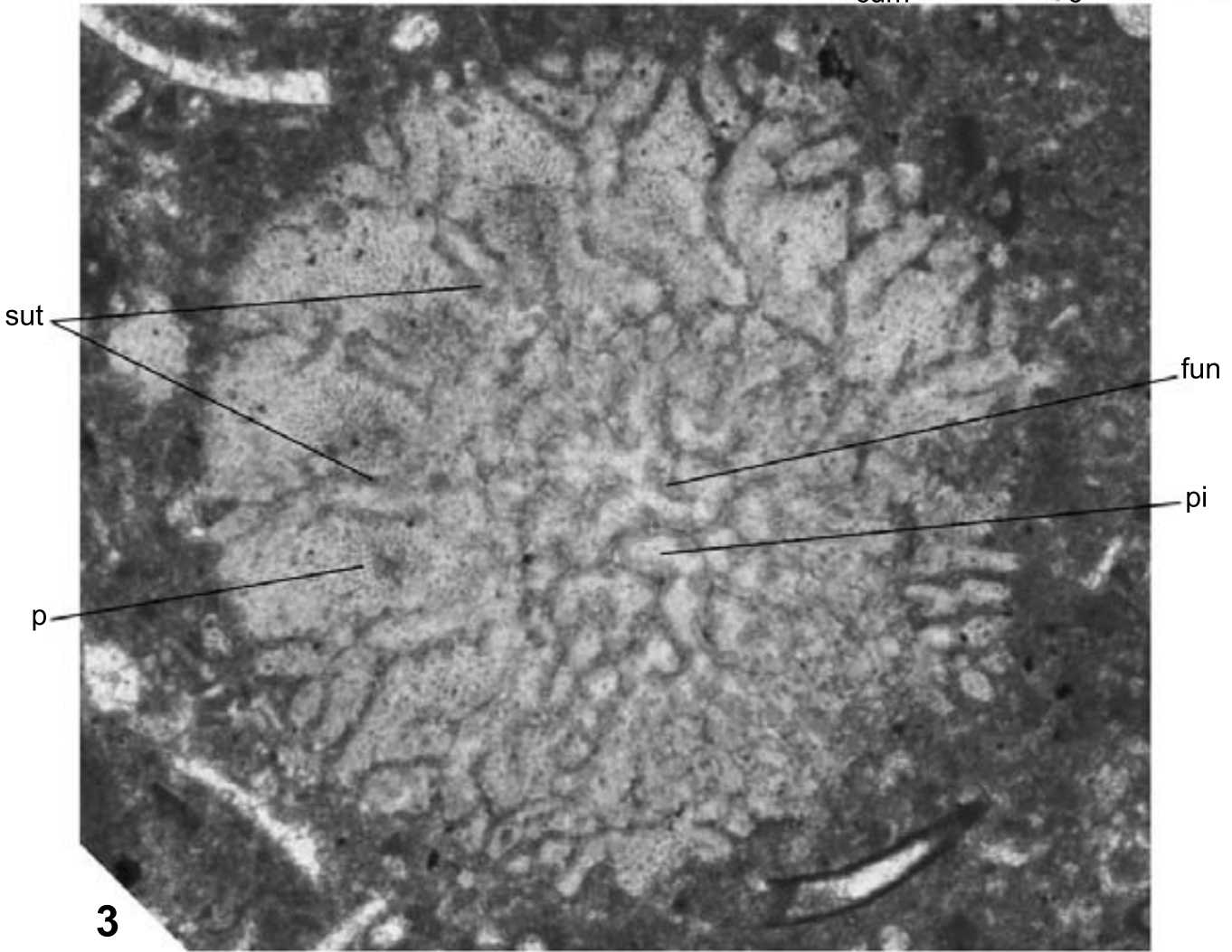
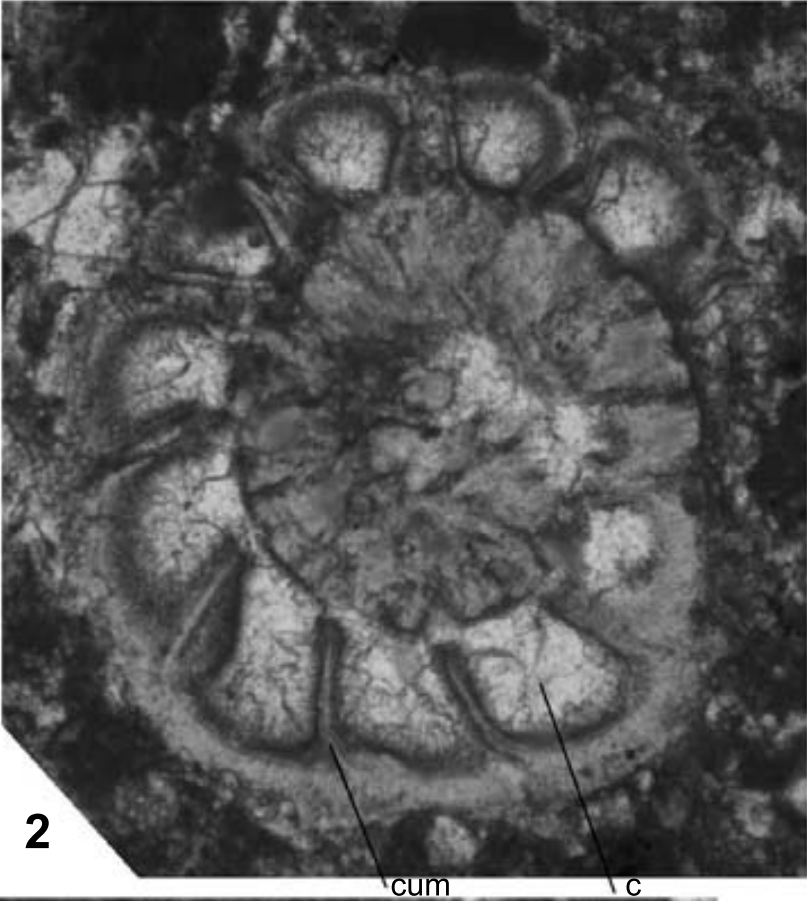
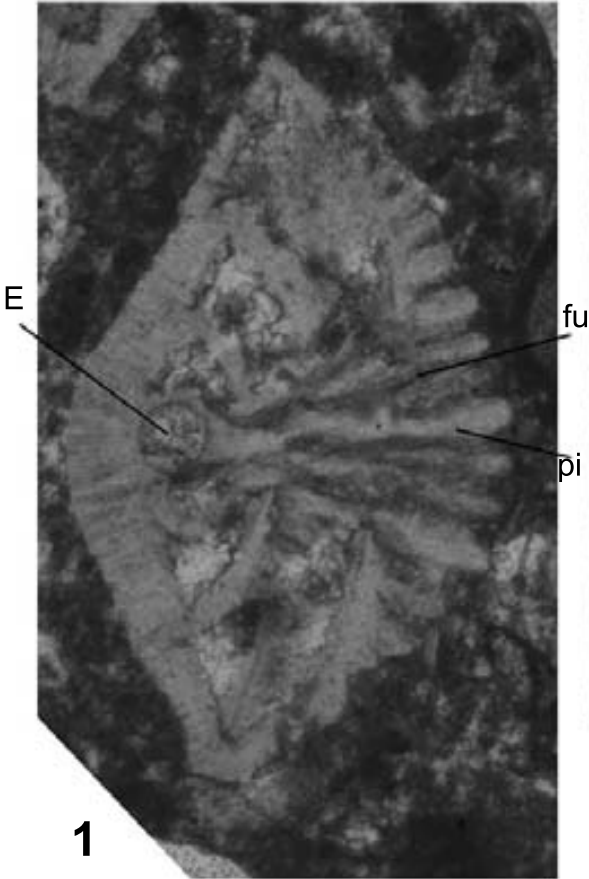


## LÁMINA VII

*Orbitokathina campaniana* n.sp., Forma macrosférica. 100X

- 1) Sección axial en la que puede distinguirse el contorno liso de la cara dorsal, y el aspecto rugoso de la cara ventral, dada por los apilamientos de láminas. Nótese la continuidad de los funnels a lo largo de las distintas vueltas de la espira.
  
- 2) Sección transversa de *Orbitokathina campaniana*, en la que se distinguen los canales intraseptales, así como unos amplios espacios intercamerales.
  
- 3) Sección tangencial de la cara ventral, en la que se distinguen, en la parte central de la concha, las secciones de los apilamientos de láminas y de los funnels. Hacia los bordes, pueden distinguirse las suturas septales, y las ramificaciones de estas.

LAMINA VII



## LÁMINA VIII

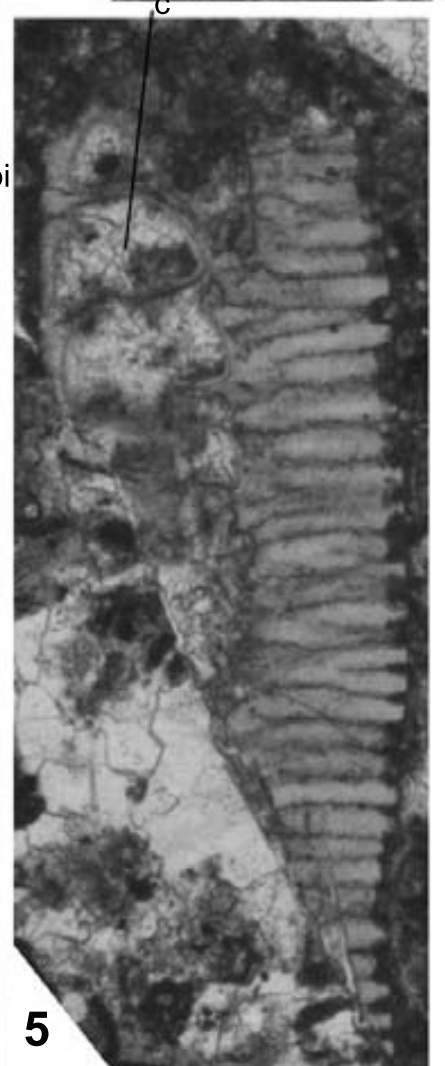
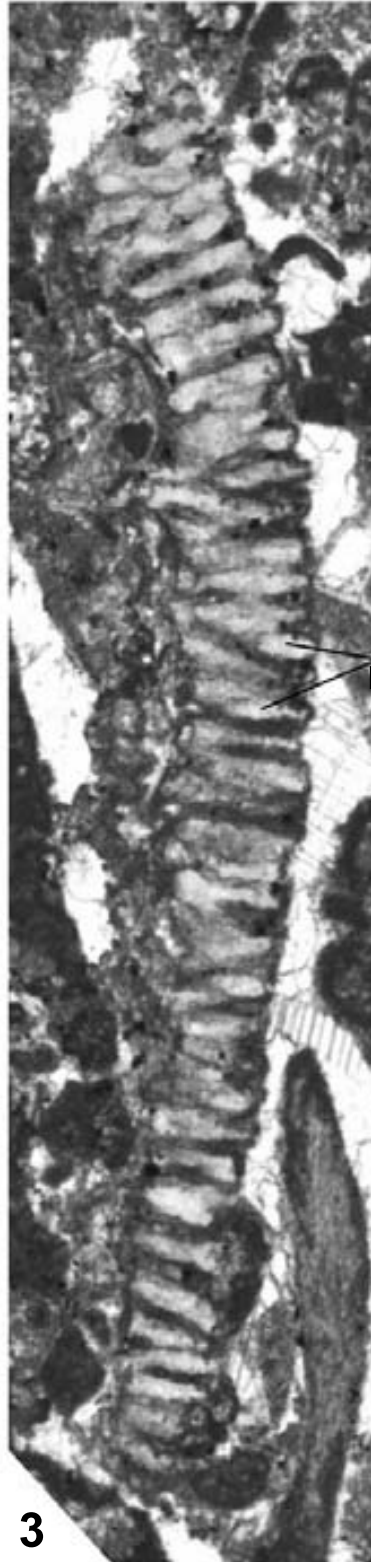
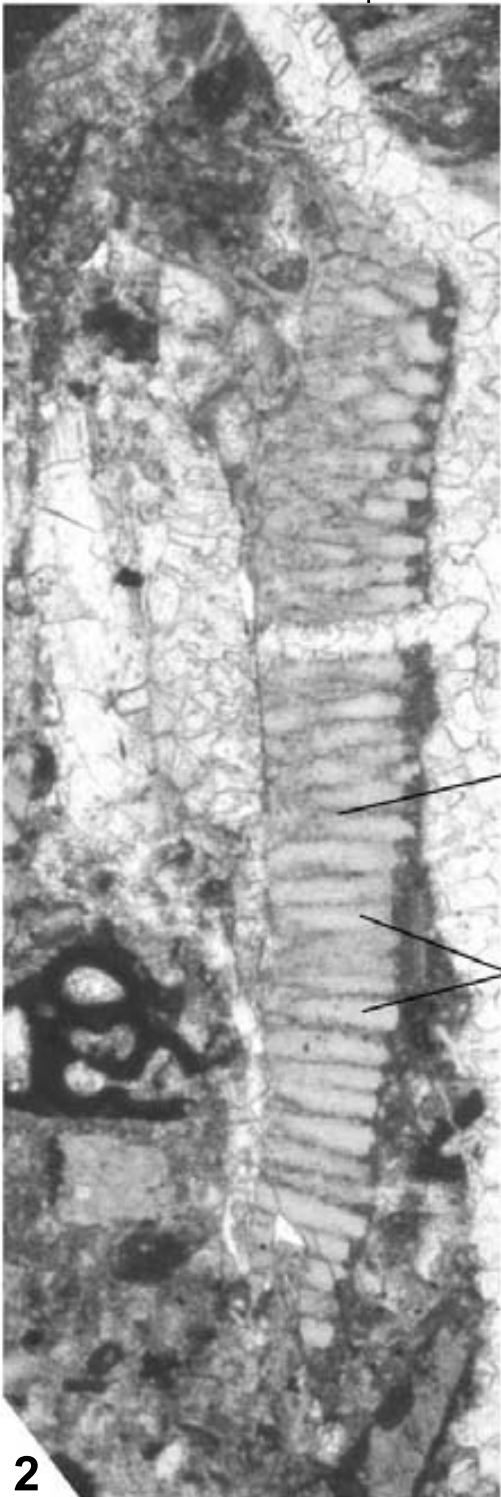
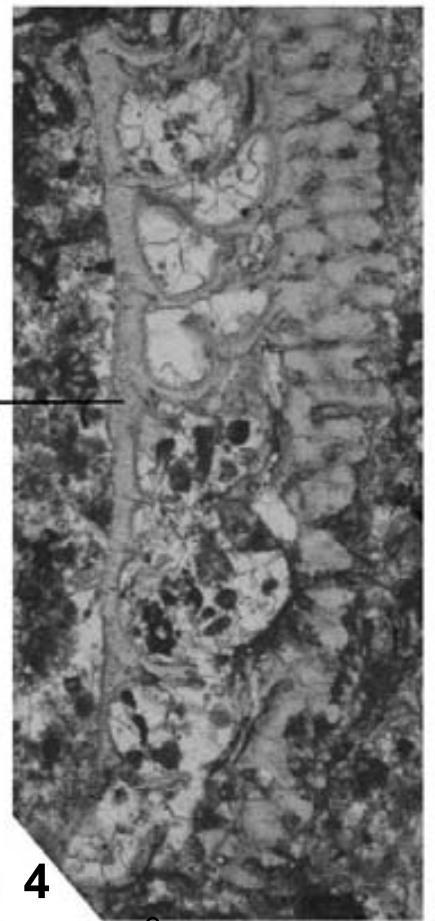
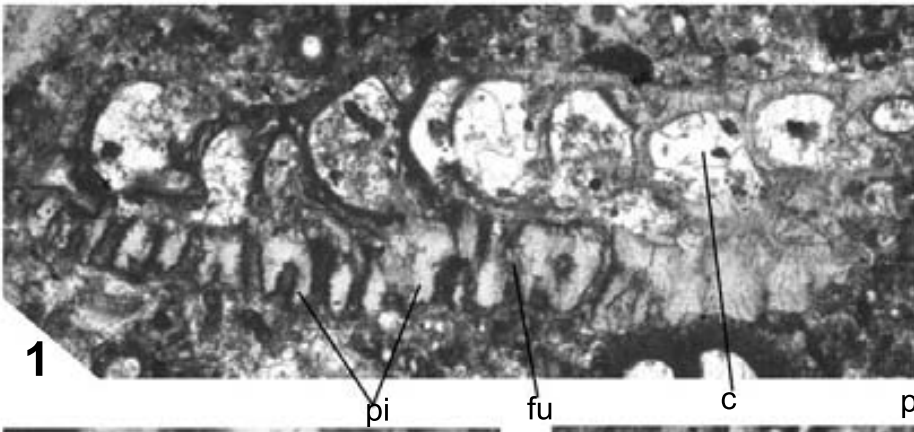
*Orbitokathina campaniana* n.sp., Forma microsérica. 25X

1, 4, 5) Fragmentos de formas B de *O. campaniana*, en la que se distinguen, en corte axial, algunas de las cámaras, supuestamente con crecimiento orbitoidal.

2, 3) Fragmentos de formas B en las que solo se distingue la parte ventral de la concha, con sus apilamientos de láminas y funnels verticales.



# LAMINA VIII



## LÁMINA IX

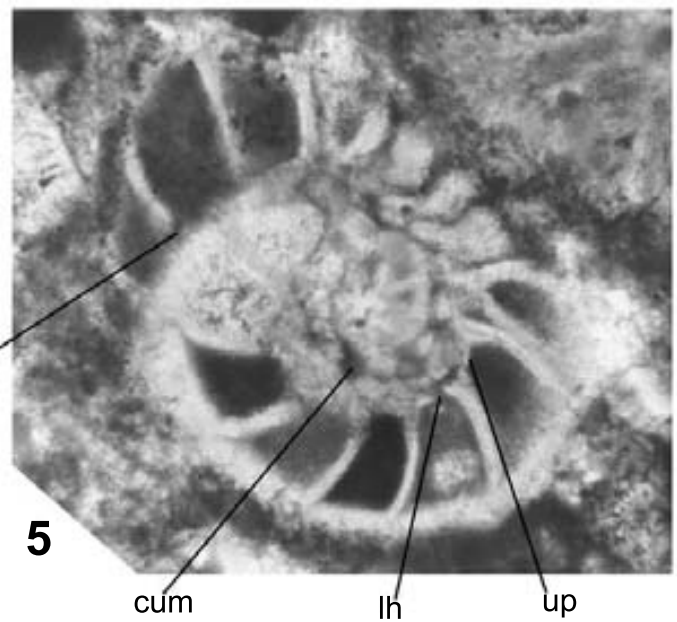
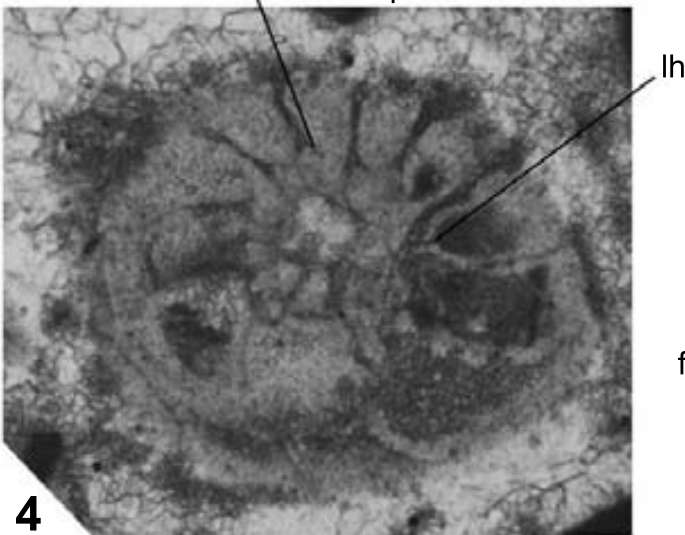
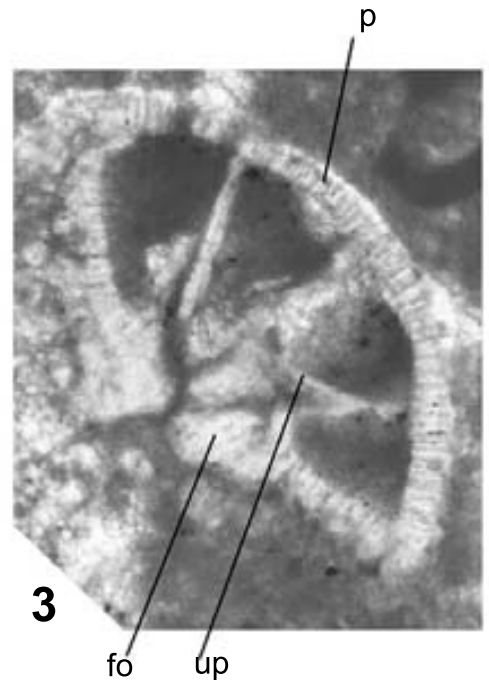
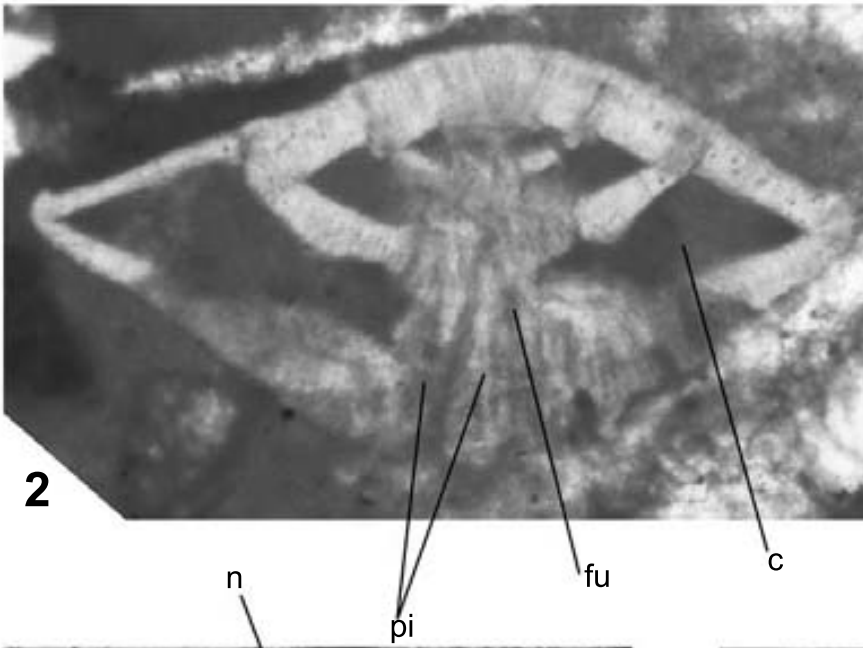
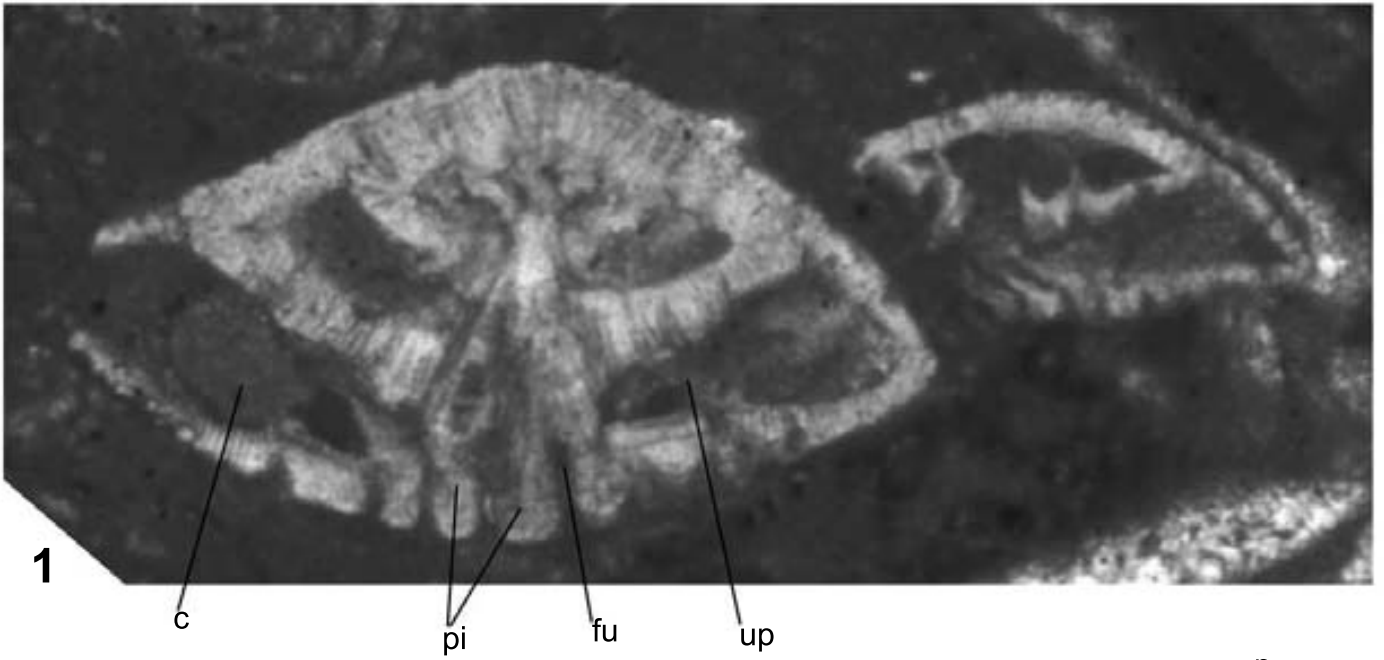
*Iberorotalia reicheli* n.gen., Forma macrosférica. 100X

1,2) Secciones subaxiales de *I. reicheli*. Notese la presencia de la placa umbilical.

3) Sección oblicua en la que puede observarse el cambio de textura entre la pared de la camara principal y la falta de poros en la foliar. Así como la presencia de las placas umbilicales y el notch sutural.

4, 5) Secciones oblicuas proximas a la transversal, en la que puede observarse la presencia de las placas umbilicales, de algunos loop-holes, así como constatar la oblicuidad de los folia.

# LAMINA IX



## **LÁMINA X**

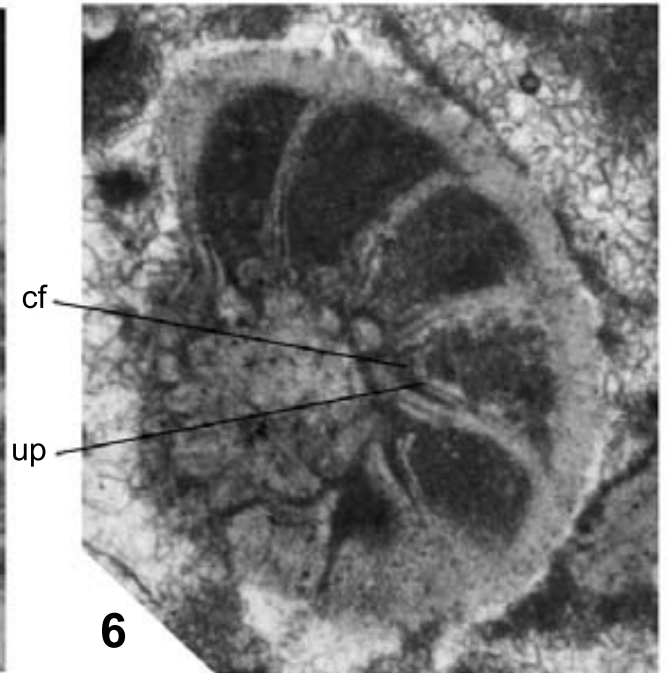
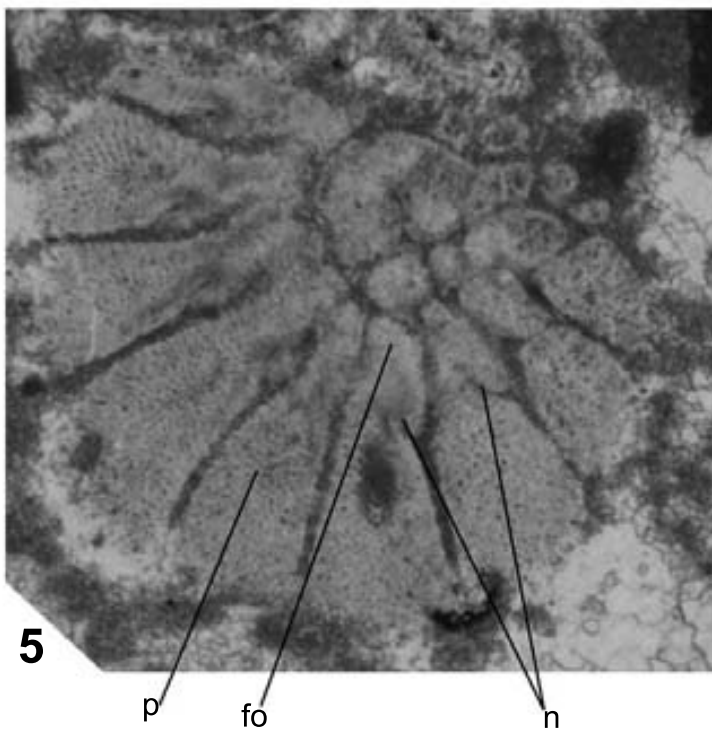
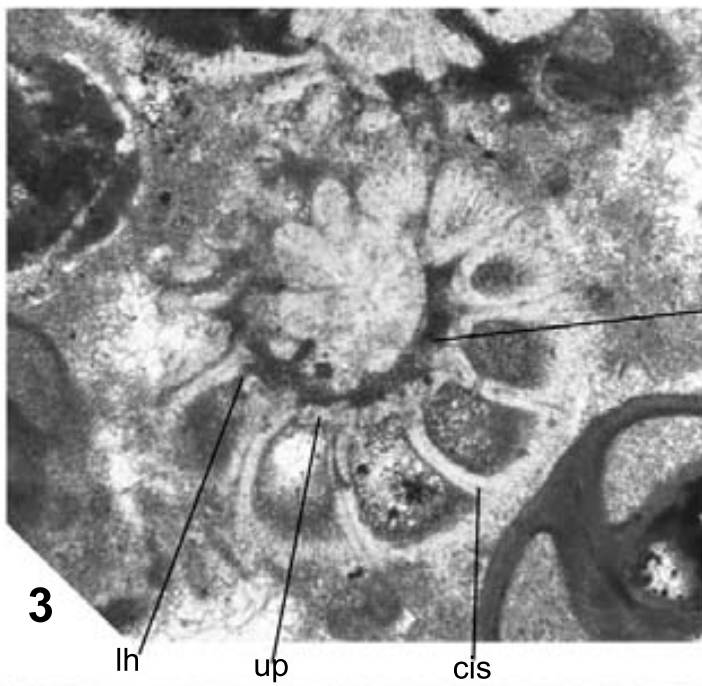
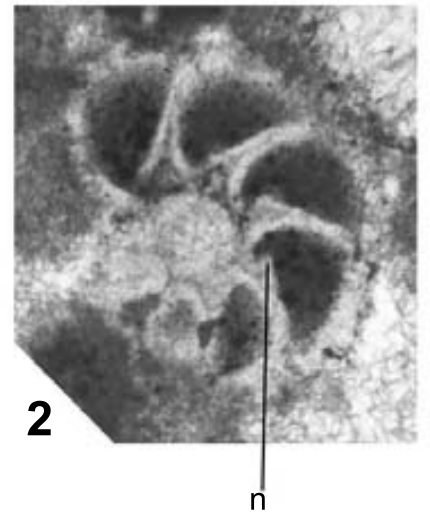
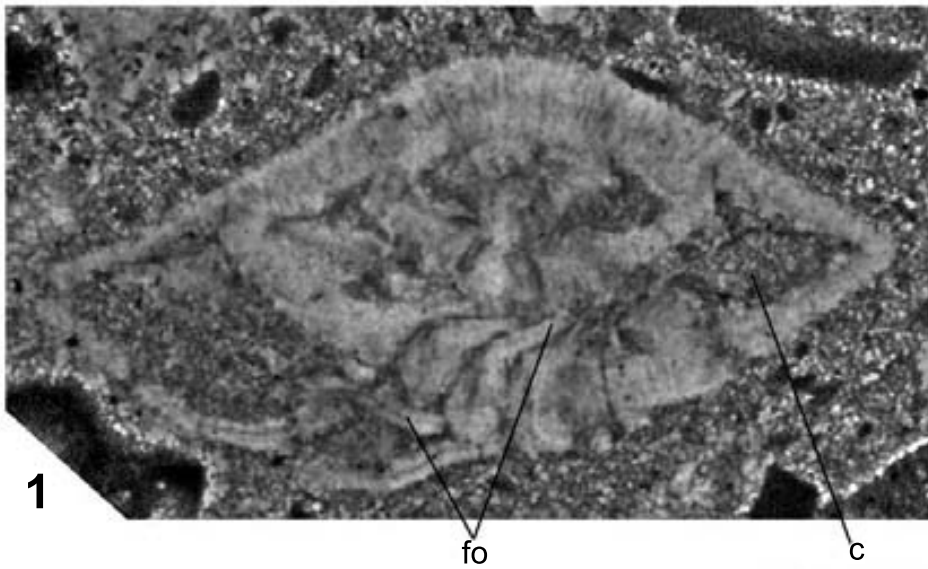
*Iberorotalia reicheli* n.gen., Forma macrosférica. 100X

1) Sección subaxial en el que puede observarse la oblicuidad de los folia, así como una ligera superposición entre ellos.

2, 3, 6) Secciones transversas que permiten ver la presencia de placas umbilicales que delimitan un canal umbilicoespiral más o menos amplio. En algunos casos puede llegar a observarse los loop-holes.

4, 5) Secciones tangenciales en las que pueden observar-se los notch suturales en las cámaras, y como la textura de la pared de la cámara cambia al llegar a esta sutura. Nótese el grado de inclinación que presenta el notch en la fotografía 5, hecho que nos indica la posición oblicua de la placa sutural en este lugar.

# LAMINA X



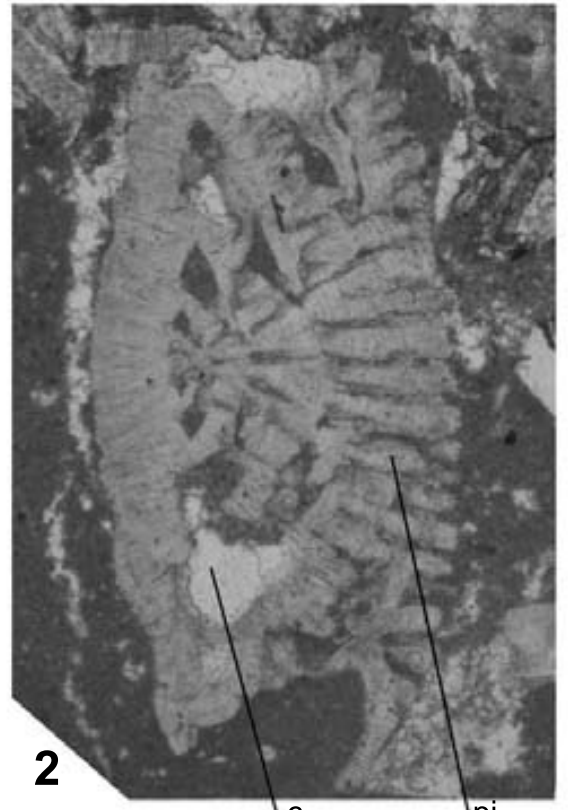
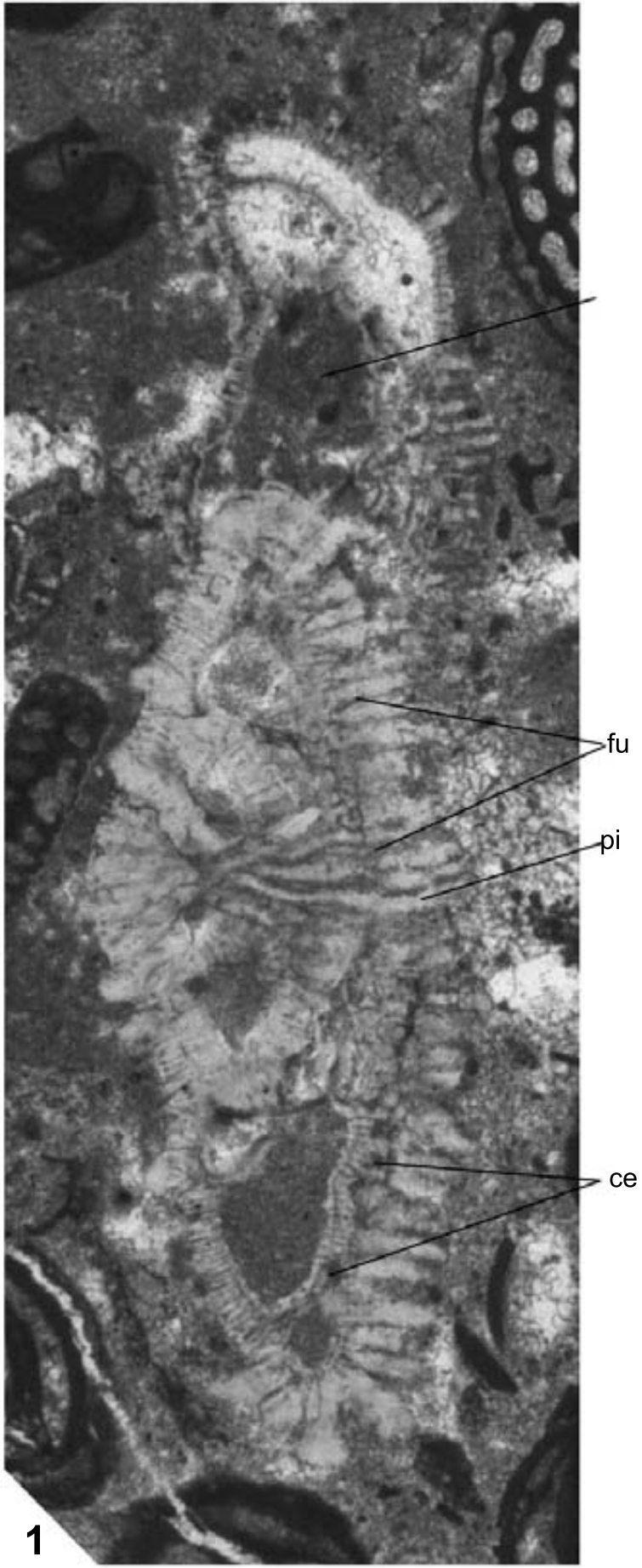
## LÁMINA XI

*Iberorotalia reicheli* n.gen., Forma microsérica. 50X

1) Sección axial de una forma muy desarrollada de *I. reicheli* forma B. En Elsa caso puede verse como su lado dorsal aparece ligeramente postulado, así como la aparición de un sistema de canales en su lado ventral.

2, 3) Secciones subaxiales en las que pueden distinguir-se los apilamientos de láminas y unos funnels ligeramente interrumpidos de una vuelta a la siguiente. Nótese la presencia de la placa umbilical.

# LAMINA XI



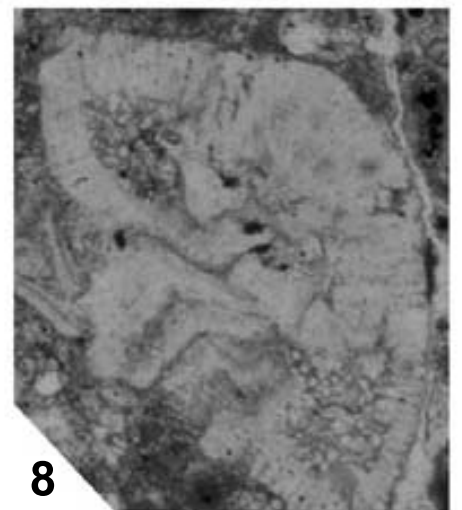
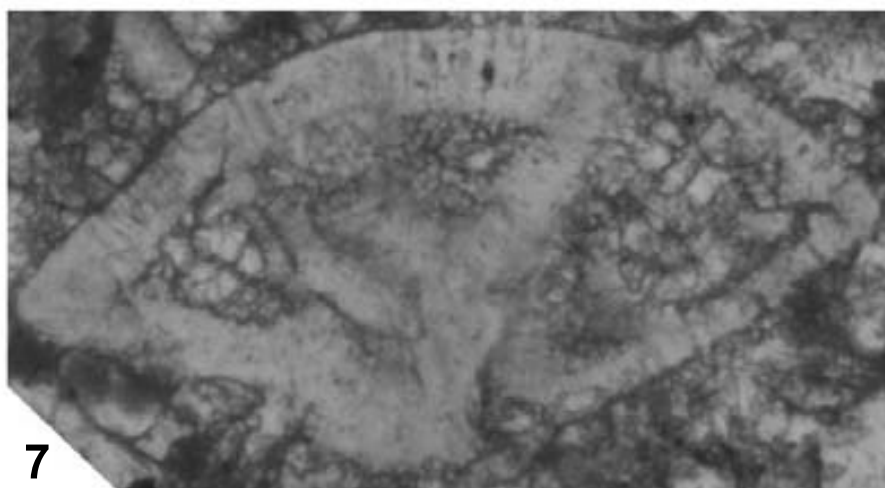
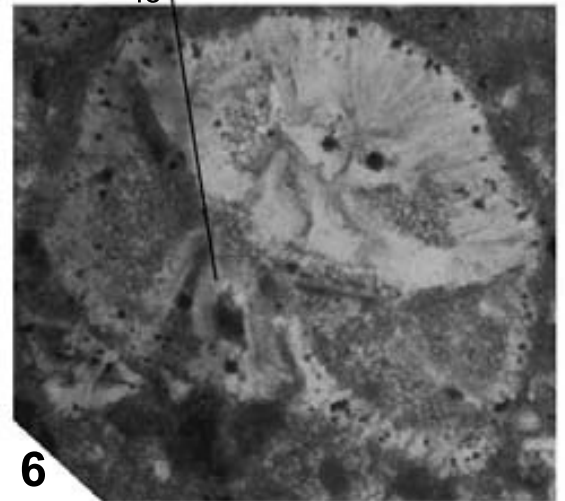
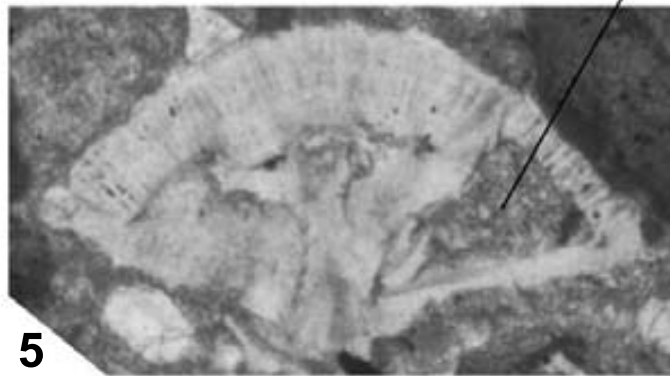
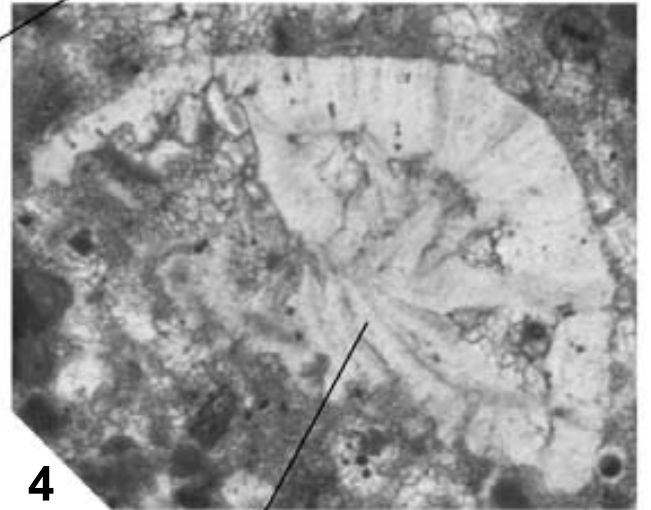
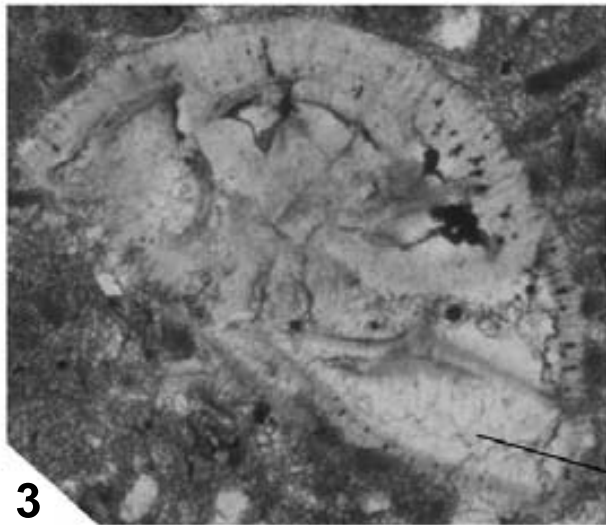
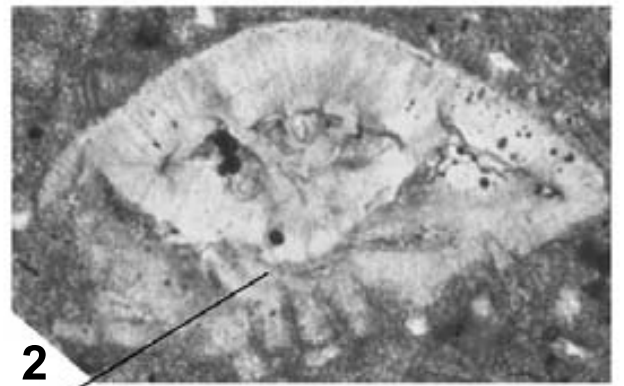
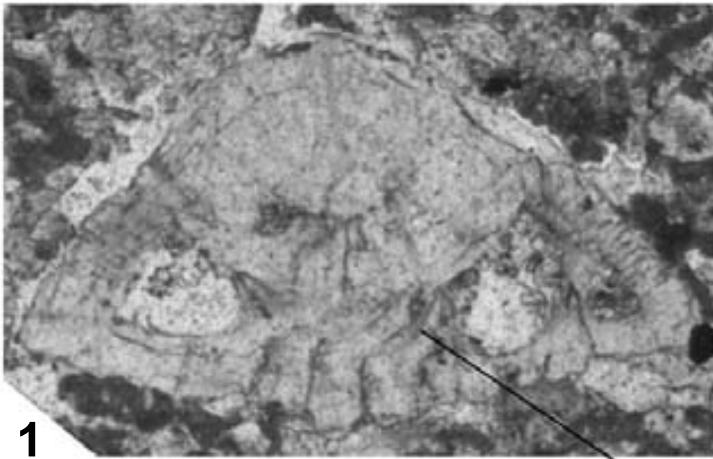
## LÁMINA XII

*Pyrenerotalia longifolia* n.gen. n.sp., 100X. Santoniense superior.

- 1) Sección subaxial de *P.longifolia* en el que pueden observarse el grueso de la pared externa, así como algunos folia oblicuos.
- 2) Sección oblicua centrada en la que no ha sido posible distinguir las aberturas.
- 3,4,6,8 ) Secciones oblicuas en las que puede verse la gran longitud de los folia y la superposición de estos.
- 5,7) Secciones oblicual de *P.longifolia*.
- )



LAMINA XII



fo

c

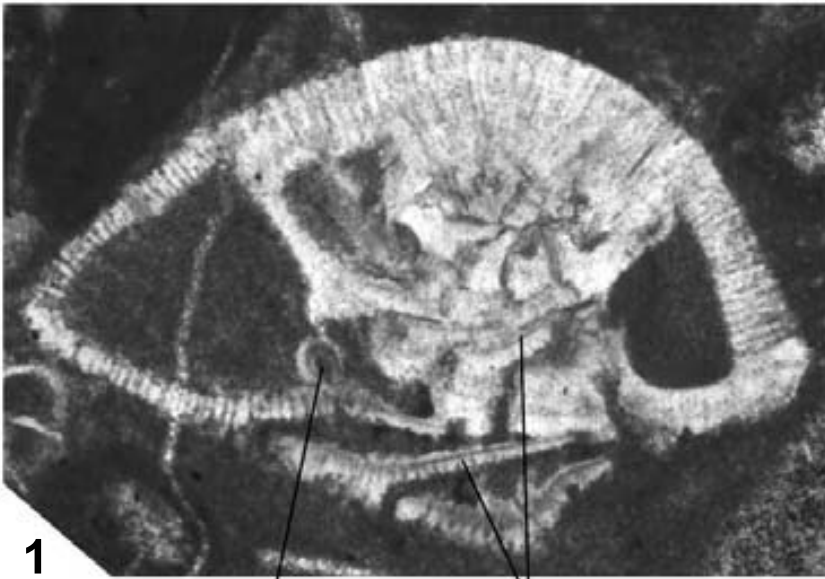
fo

### LÁMINA XIII

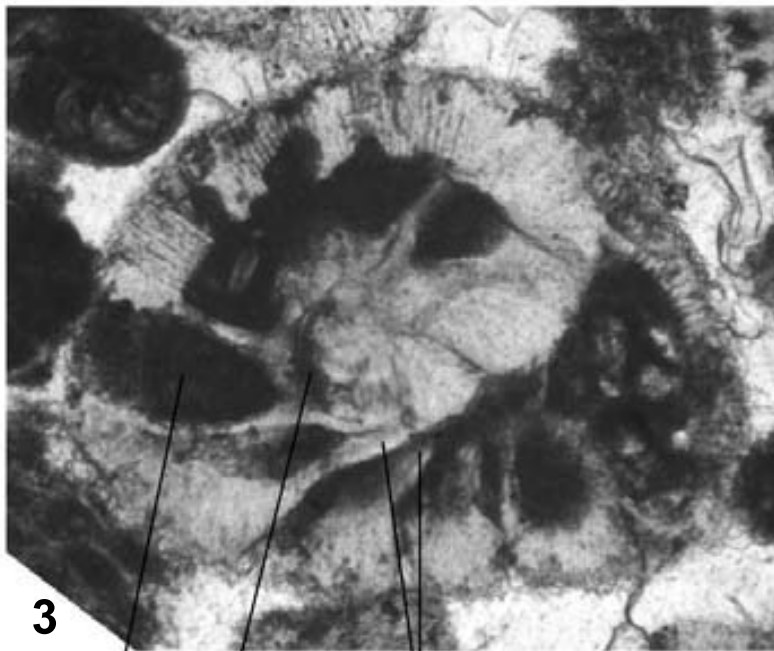
*Pyrenerotalia longifolia* n.gen. n.sp., 100X.

- 1) Sección oblicua próxima a la axial en la que se distinguen claramente la longitud de los folia. Nótese como se ha indicado la posición del notch sutural en una de las cámaras.
- 2, 4, 5) Secciones oblicuas en las que se aprecia la longitud de los folia, y la superposición entre ellos. En la 5, puede distinguirse claramente la posición de las placas umbilicales, así como parte del canal umbilical que delimita.
- 3) Sección oblicua próxima a la transversa en la que puede verse la torsión de los folia, así como algunas placas umbilicales que delimitan un canal umbilico-espinal.
- 6) Sección tangencial oblicua de *P. longifolia*. Notese el tamaño de los poros, y la desaparición de estos en las paredes de los folia, que se unen entre sí.

# LAMINA XIII



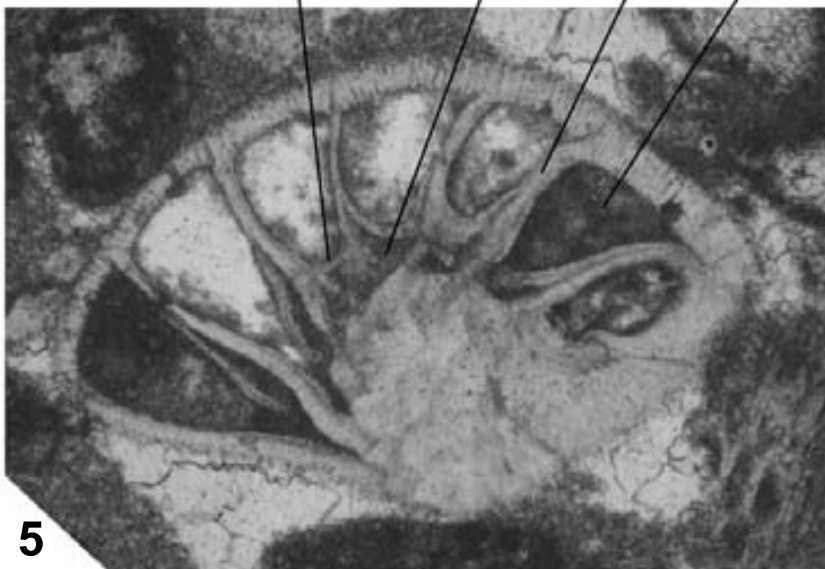
n fo



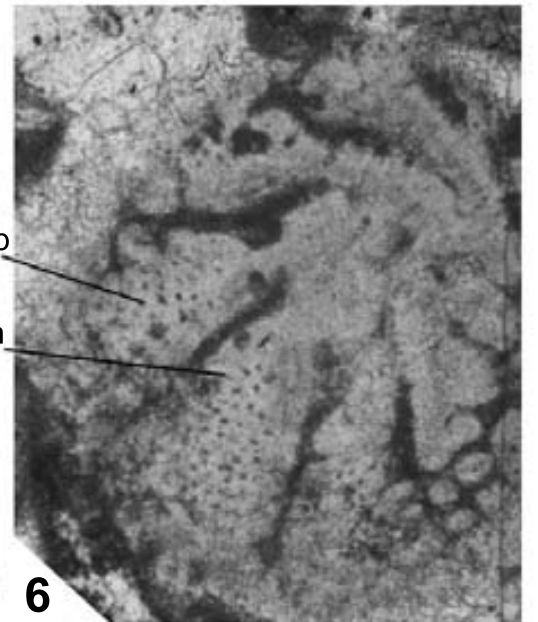
c cum up fo cf cis c



cf fo



c cum up fo cf cis c



p n

## LÁMINA XIV

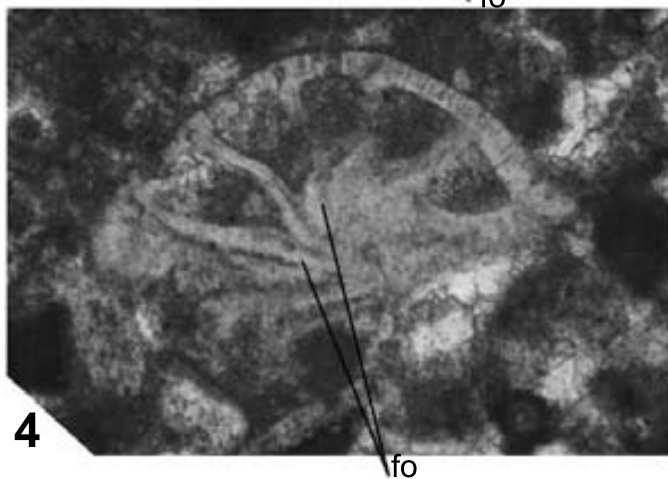
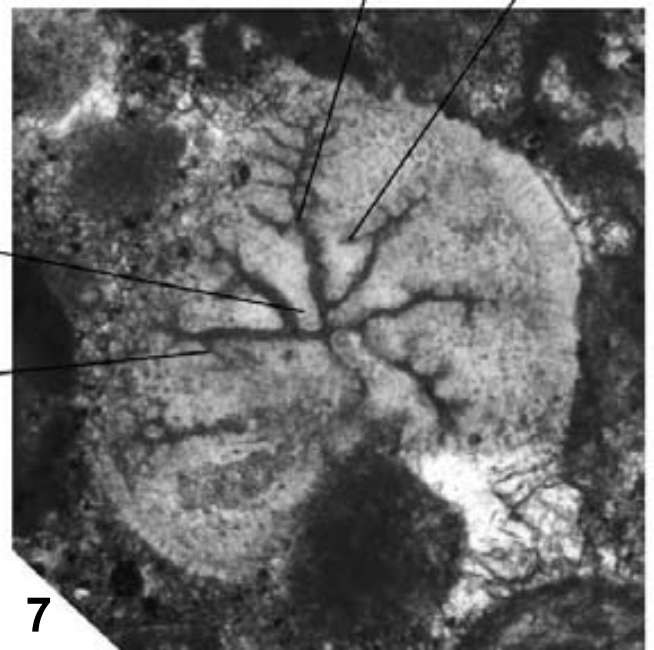
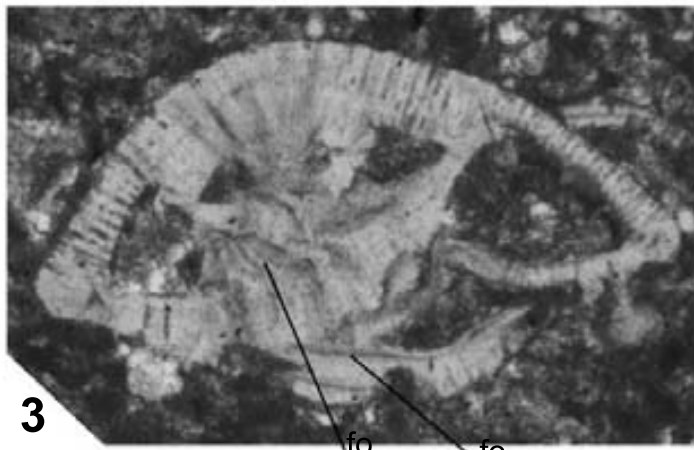
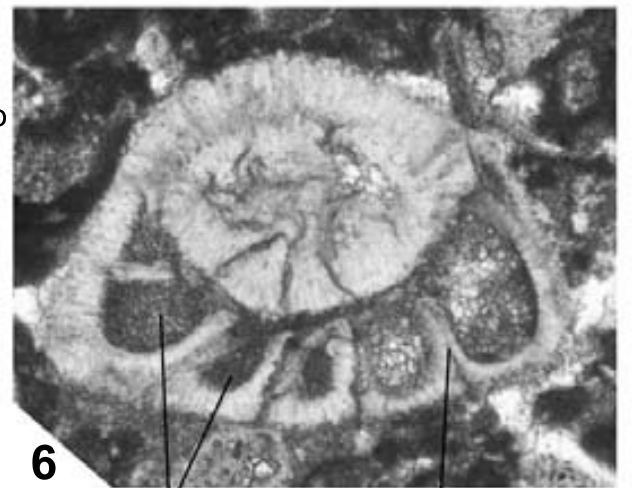
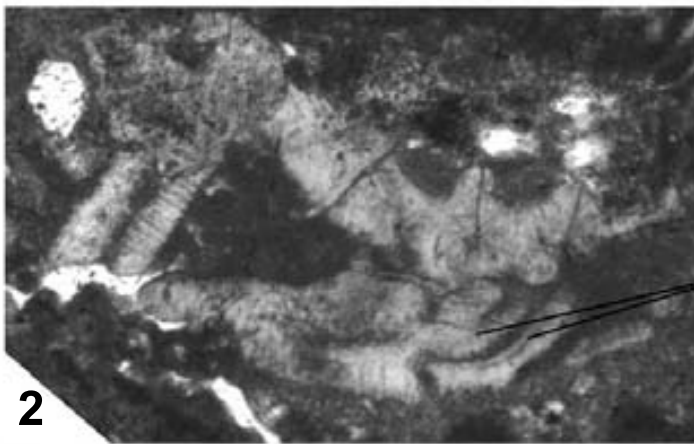
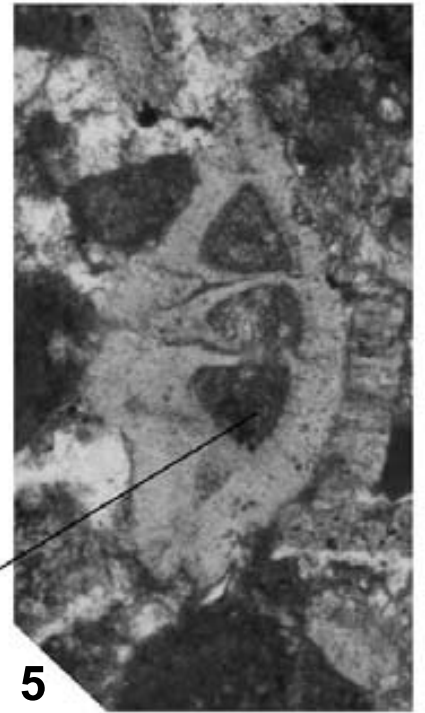
*Pyrenerotalia longifolia* n.gen. n.sp., 100X.

1, 3, 6) Secciones oblicuas próximas a la axial, en la que puede distinguirse un grueso de pared considerable, así como la longitud de los folia.

2, 4, 5) Fragmentos variados de *P. longifolia*, en los que se aprecia la longitud del folia y la imbricación entre ellos.

7) Sección tangencial de *P. longifolia*. Nótese como la superposición de los folia dejan el espacio umbilical totalmente cerrado. Véase también como las suturas septales se ramifican hacia la periferia de la concha.

# LAMINA XIV

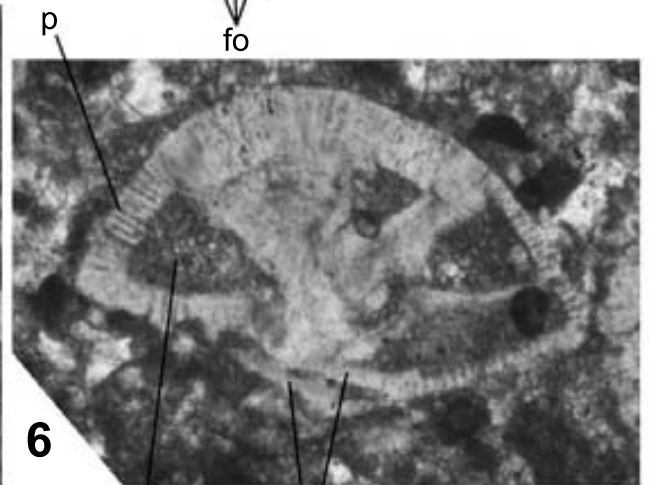
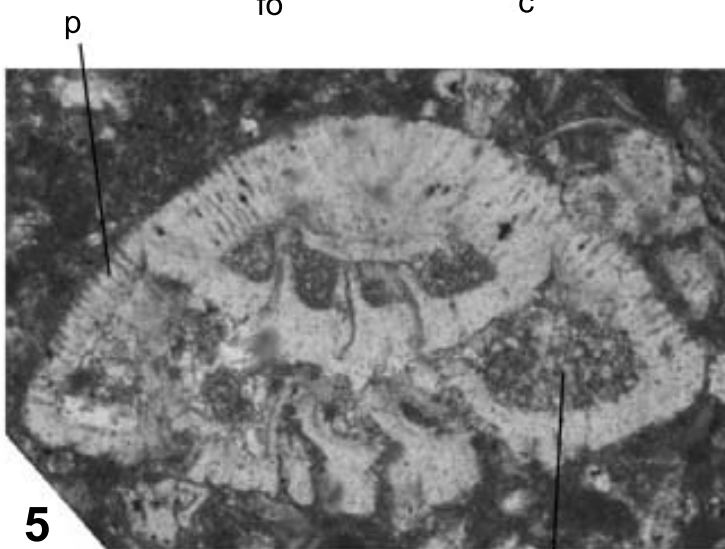
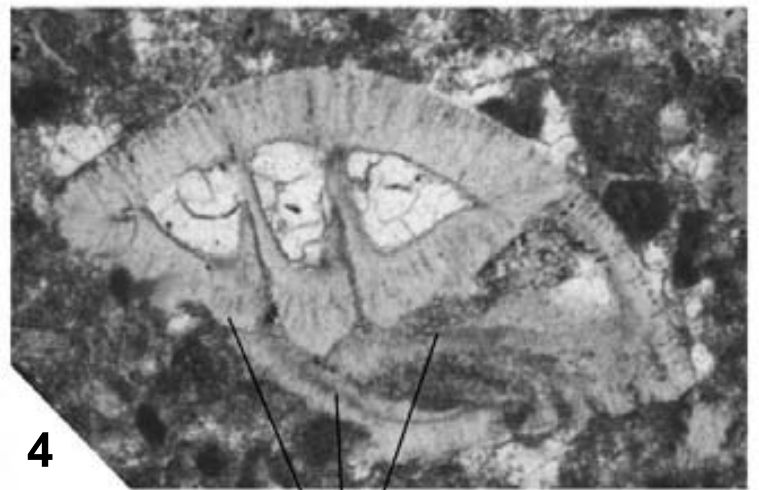
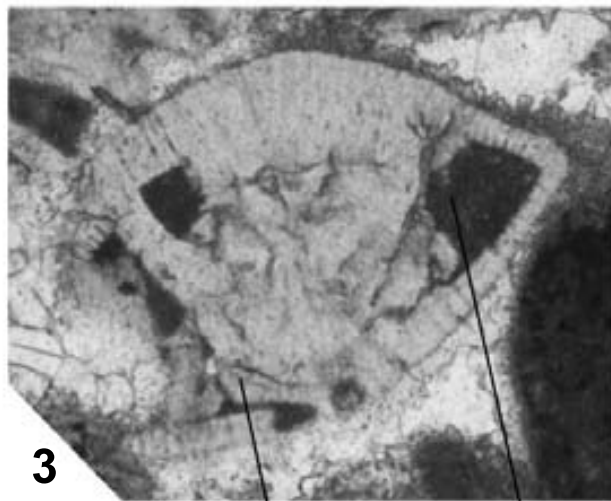
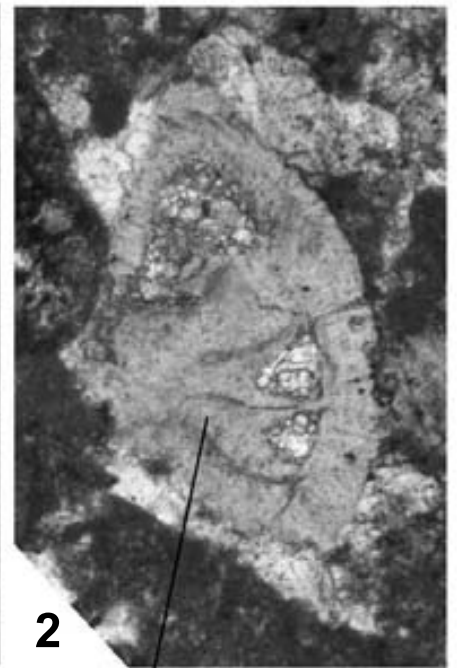
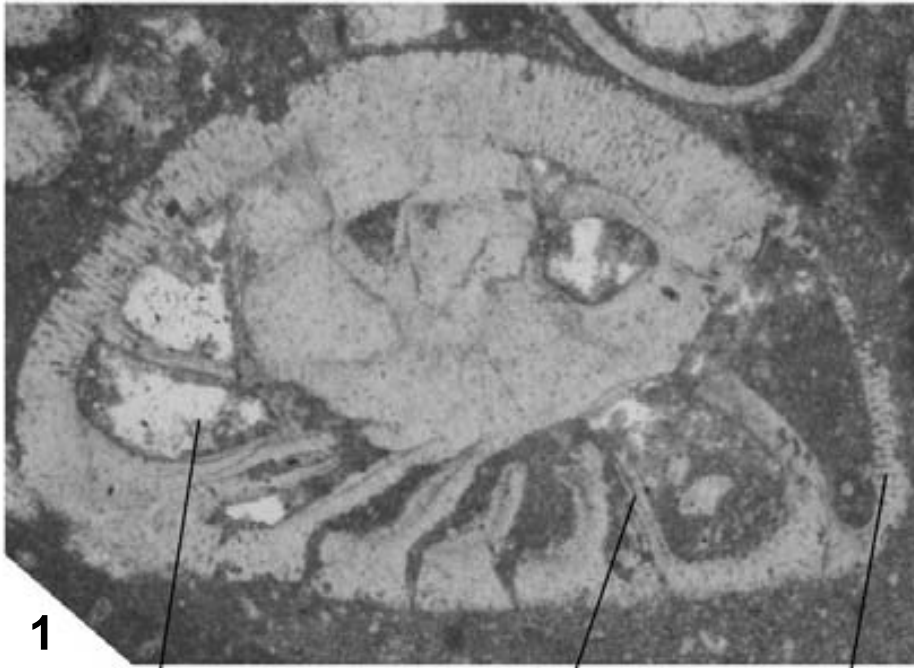


## **LÁMINA XV**

*Pyrenerotalia longifolia* n.gen. n.sp., 100X.

- 1) Sección oblicua próxima a la transversa en la que puede verse la torsión de los folia, así como el grueso de la pared externa de la concha.
- 2-6) Secciones oblicuas variadas en las que pueden distinguirse la longitud de los folia y como estos se sobreponen entre si al acercarse hacia el centro de la concha.

LAMINA XV



## LÁMINA XVI

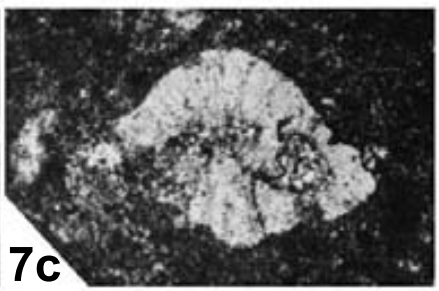
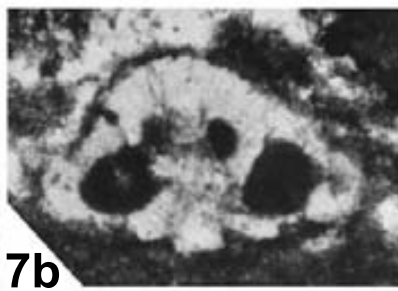
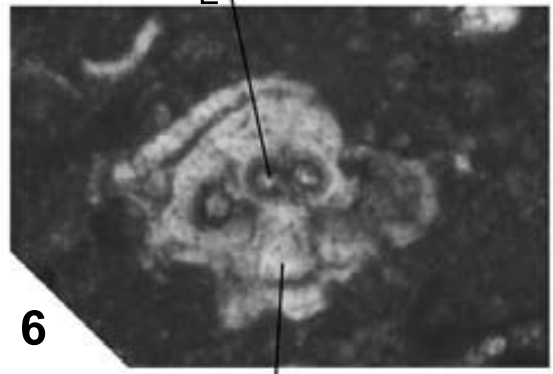
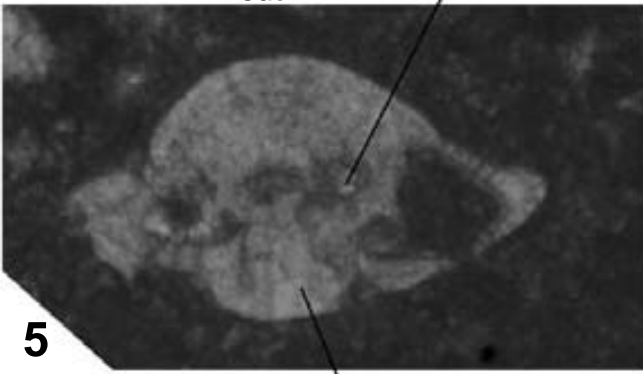
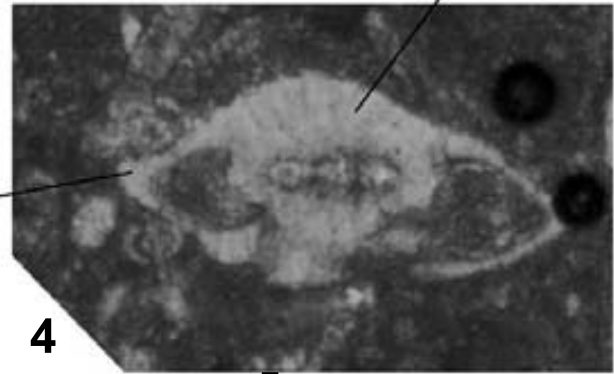
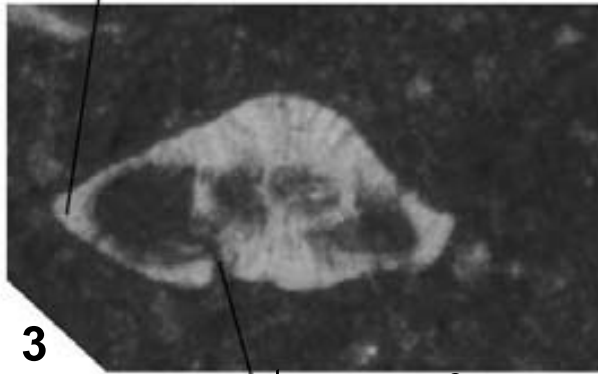
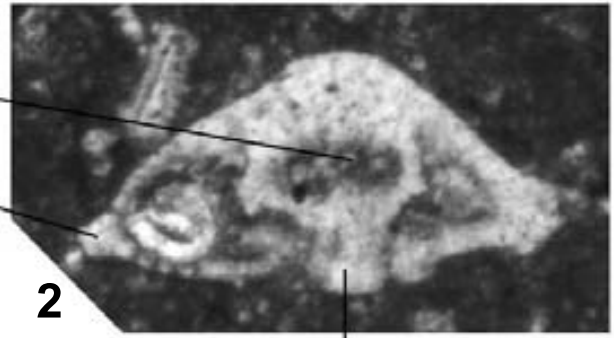
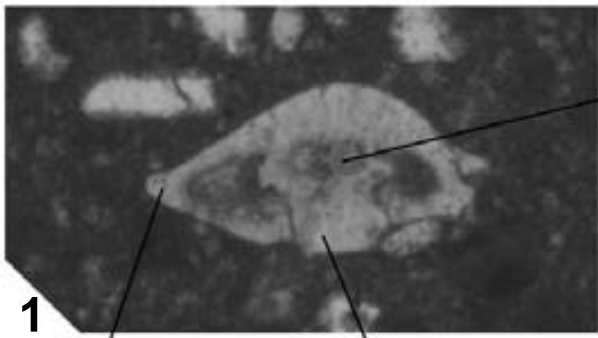
*Rotorbinella mesogeensis* Tronchetti, 200X.

1,-6) Secciones casi axiales en las que se distingue un contorno subanguloso, carenado, y unas paredes gruesas, con los poros muy difusos.

7a-e) Imágenes de *R. mesogeensis* sacadas de la tesis doctoral de G.Tronchetti, como material de comparación con las formas Pirenaicas.



# LAMINA XVI

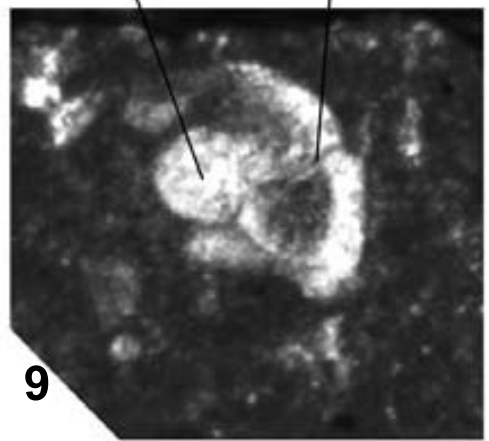
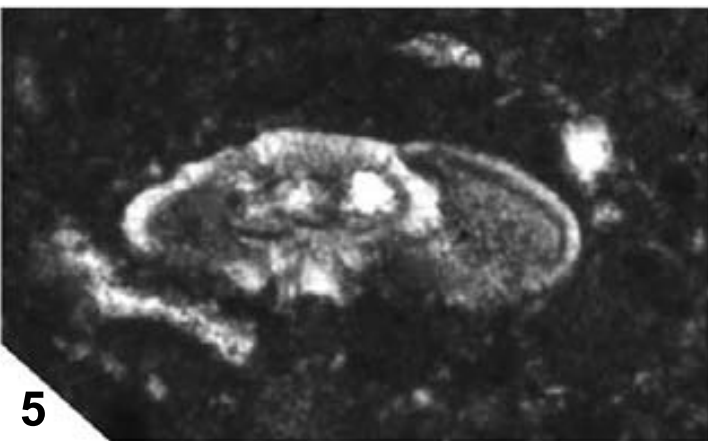
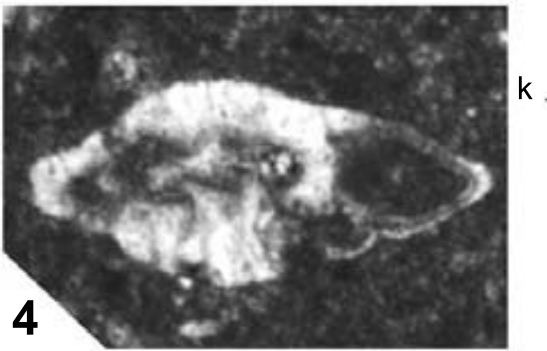
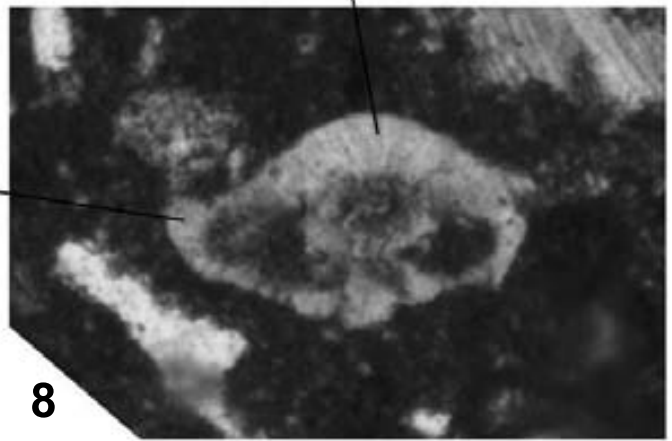
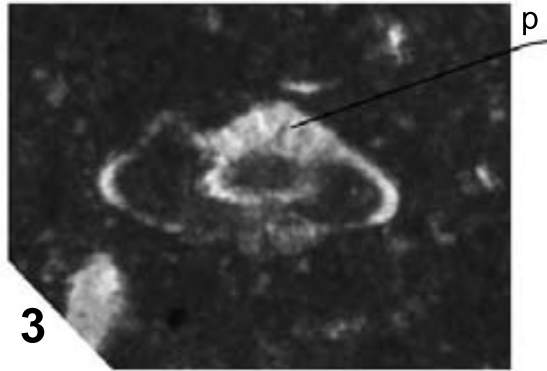
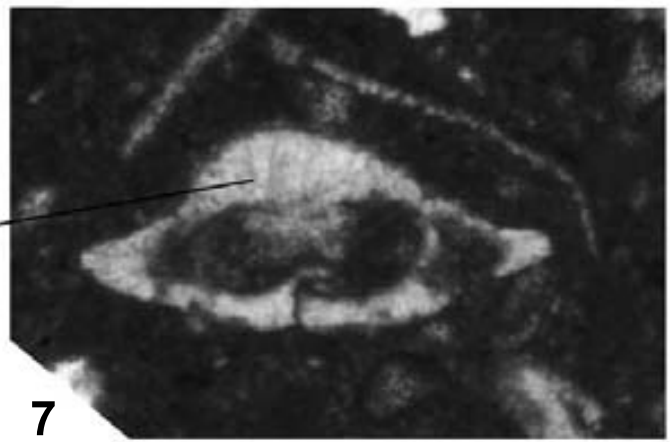
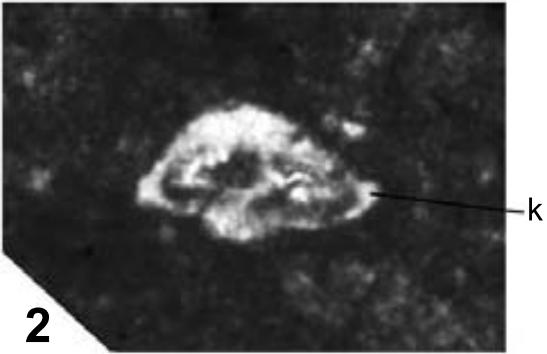
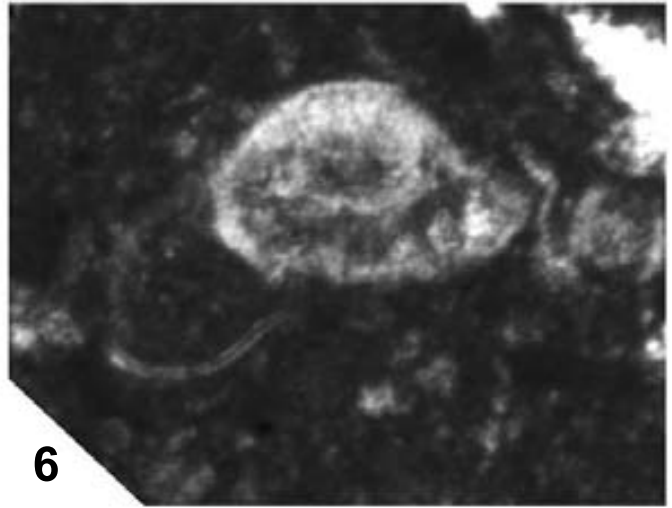
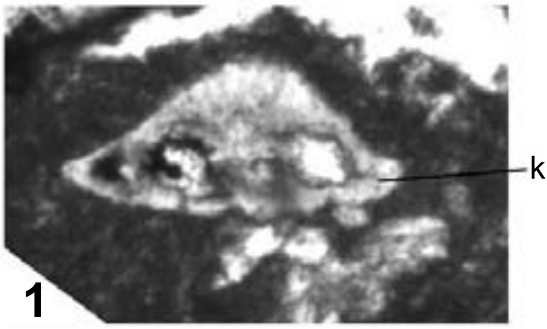


## LÁMINA XVII

*Rotorbinella mesogeensis* Tronchetti, 200X.

1-9) Secciones oblicuas variadas de *R. mesogeensis*. Nótese la carena o *keel* imperforado que recorre el exterior de las vueltas.

LAMINA XVII



## LÁMINA XVIII

*Rotorbinella mesogeensis* Tronchetti, 200X.

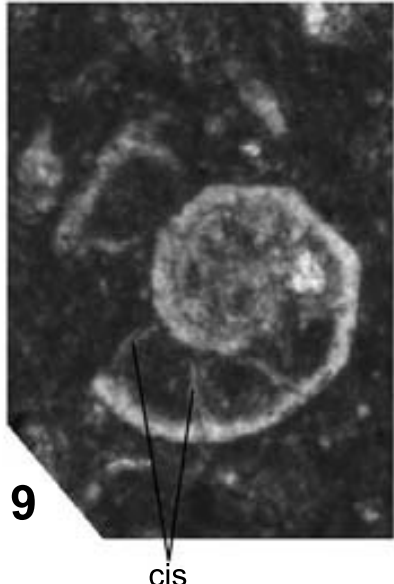
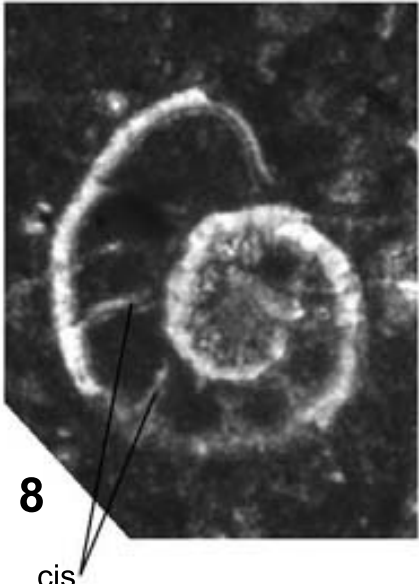
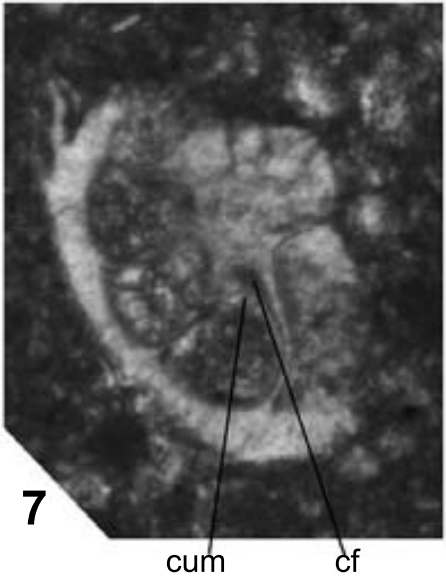
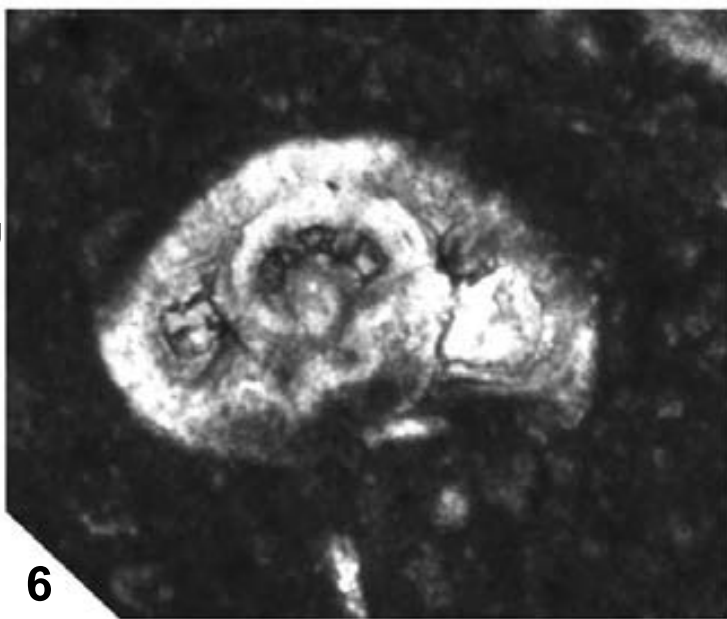
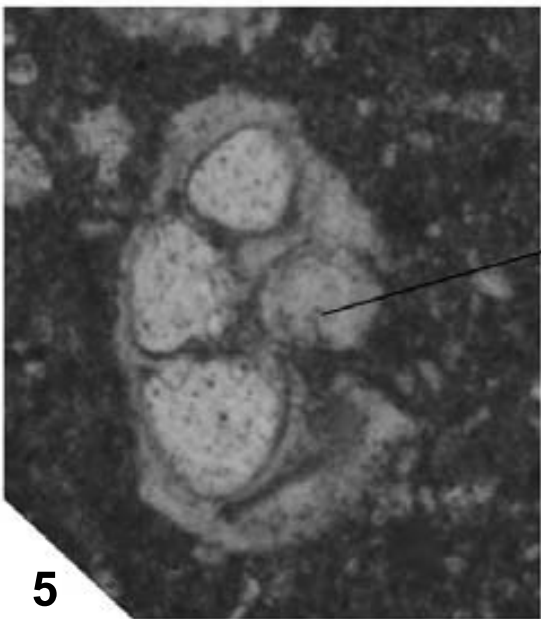
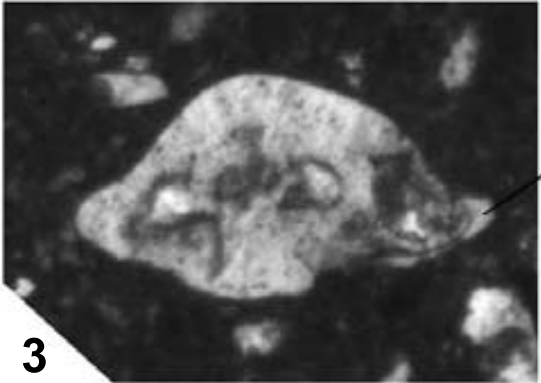
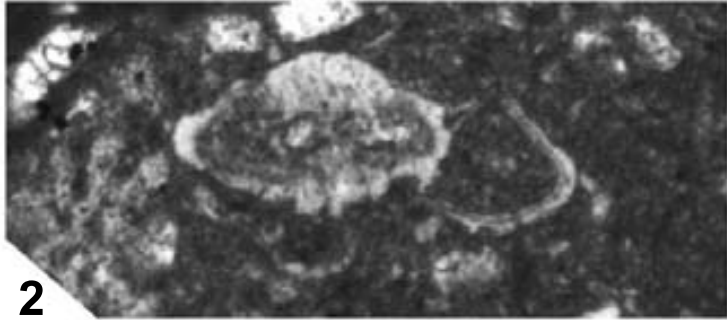
1-4) Secciones axiales oblicuas o subaxiales en las que se observa claramente la presencia de una única estructura umbilical o plug, así como de una fisura profunda que lo delimita.

5,7) Secciones oblicuas en las que se distingue un plug umbilical masivo, así como la presencia de placas umbilicales que delimitan un pequeño espacio foliar.

6) Sección oblicua de *Rotorbinella mesogeensis*.

8,9) Secciones transversas en las que se distinguen los canales intraseptales.

LAMINA XVIII



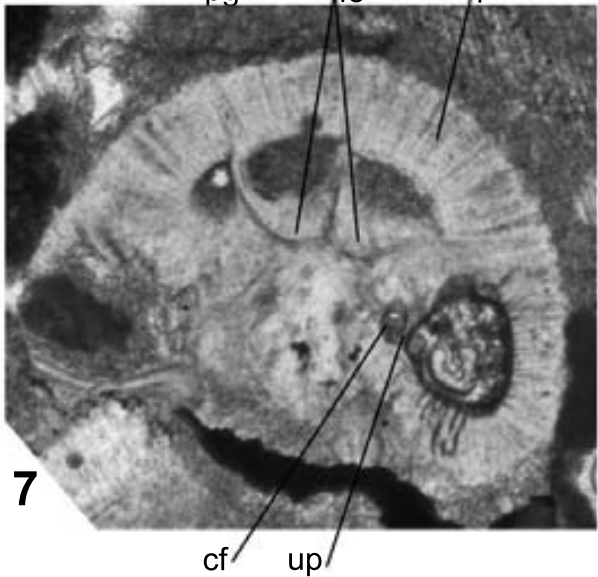
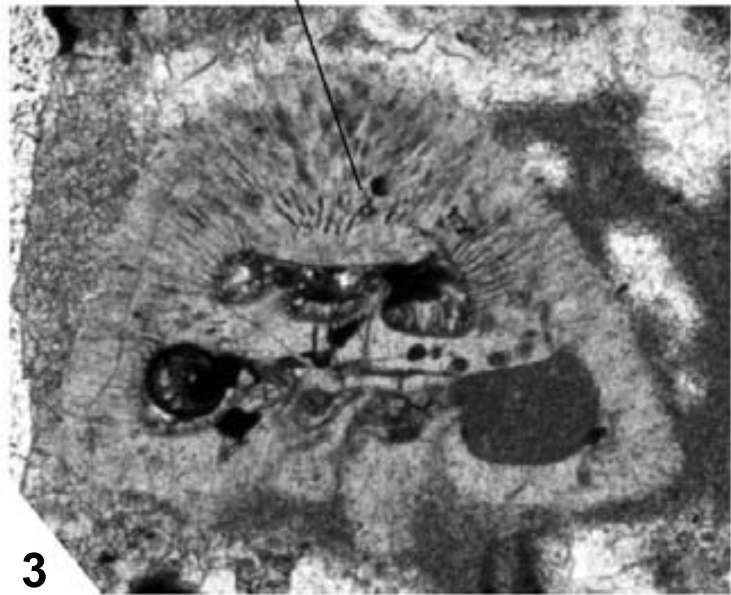
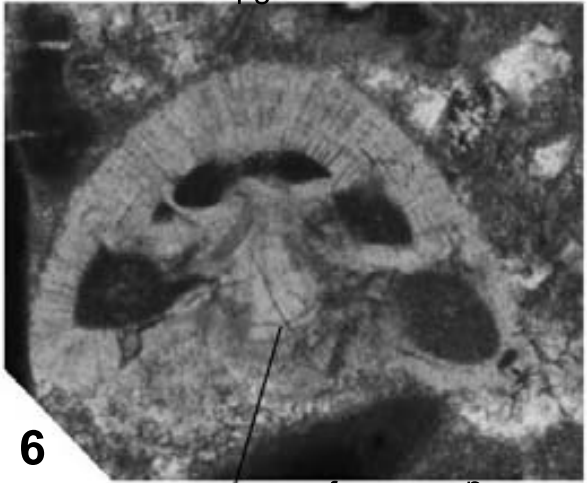
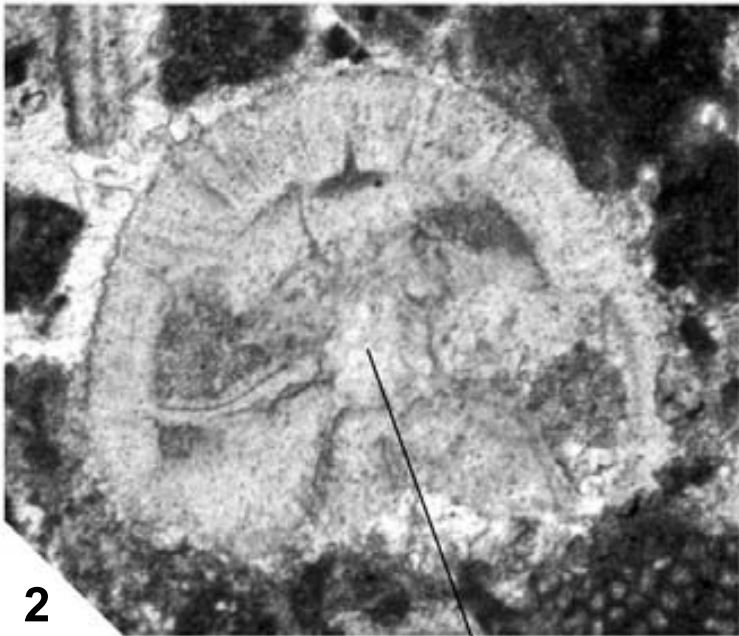
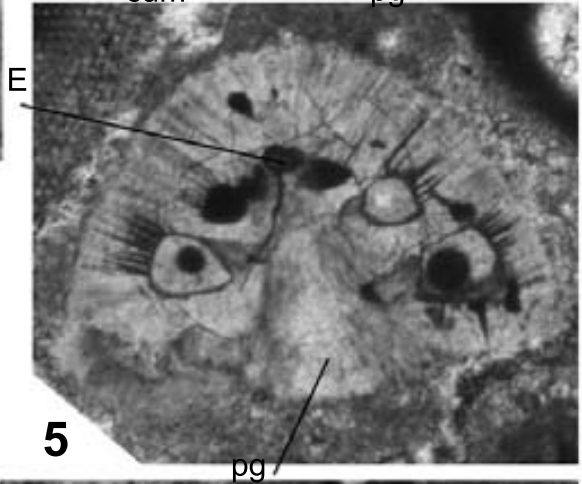
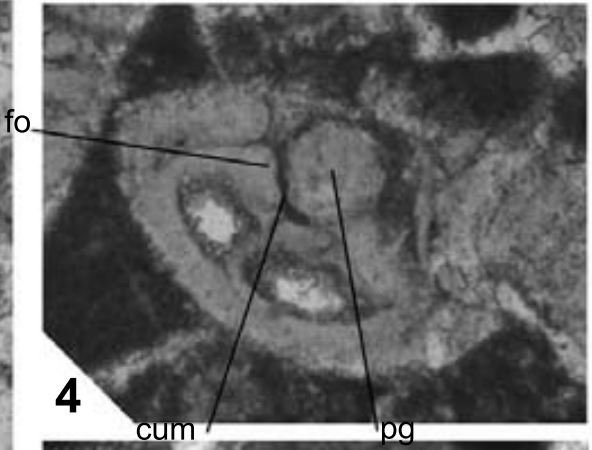
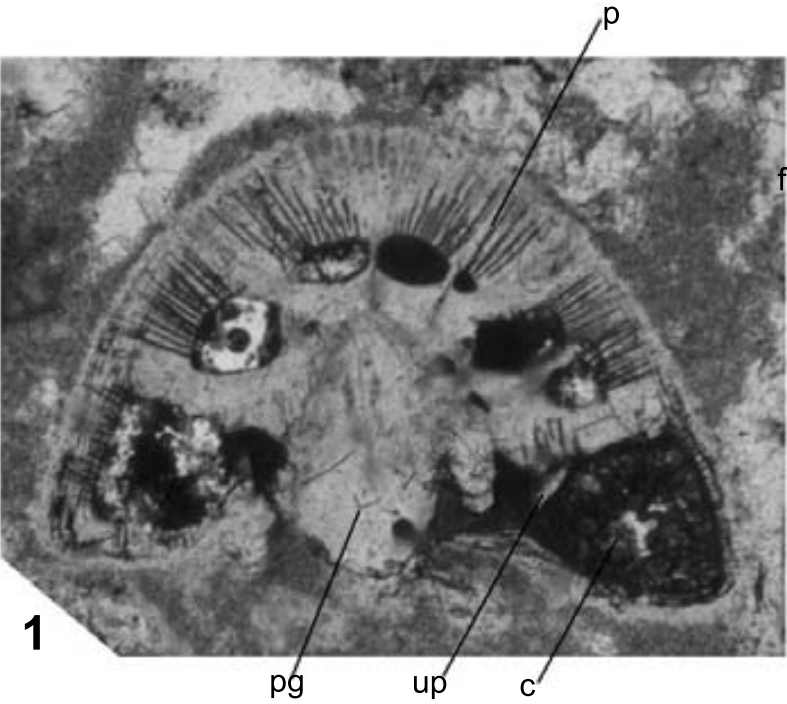
## LÁMINA XIX

*Rotorbinella campaniola* n.sp., 100X.

Coniaciense superior- Santoniense inferior.

- 1) Sección oblicua próxima a la axial de *R. campaniola*, en la que pueden distinguirse el diámetro de los poros, así como el botón central masivo.
- 2) Secciones transversas en la que se observan los canales intraseptales, así como el plug masivo que se encuentra en el centro del umbilicus.
- 3) Sección oblicua en la que es posible distinguir el potente grueso de la pared, atravesado por numerosos poros. Parece distinguirse la placa umbilical en alguna de sus cámaras.
- 4,7) Secciones transversas oblicuas en las que es posible distinguir unos folia cortos, así como la placa umbilical i lo que parece ser una camarilla foliar (imagen 7).
- 5,6) Secciones axiales en las que es posible observar la cámara embrionaria, así como los botones masivos de calcita ocupando el umbilicus.

LAMINA XIX



## LÁMINA XX

*Rotorbinella campaniola* n.sp., 100X.

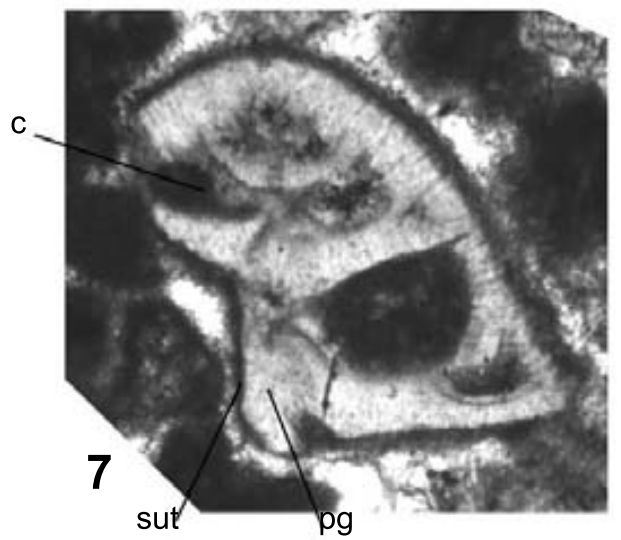
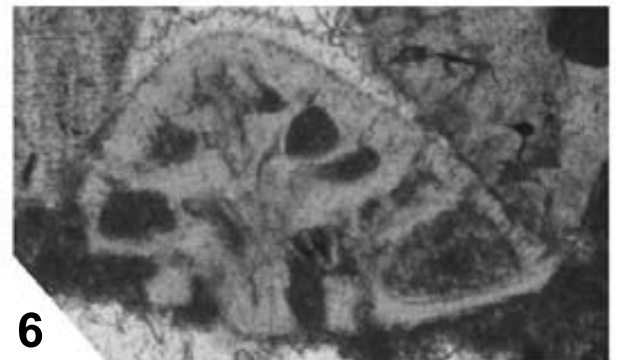
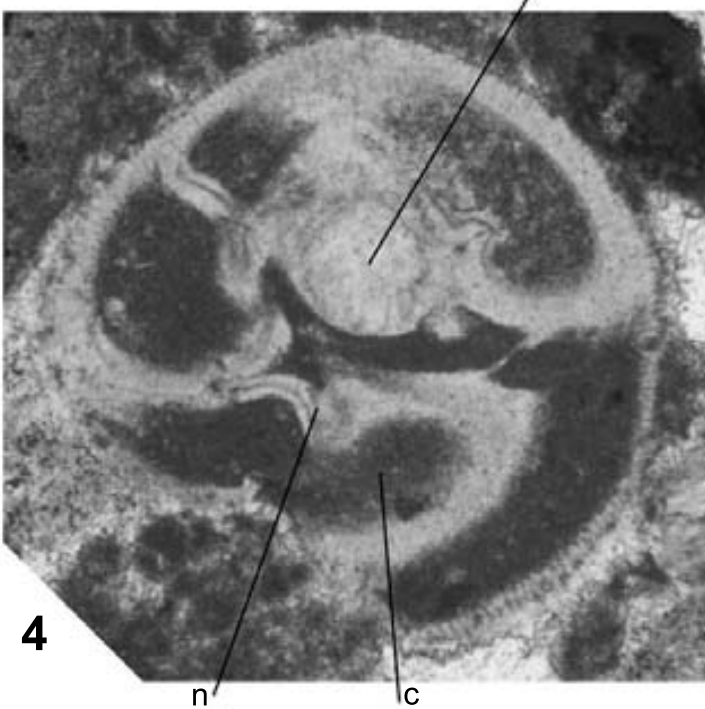
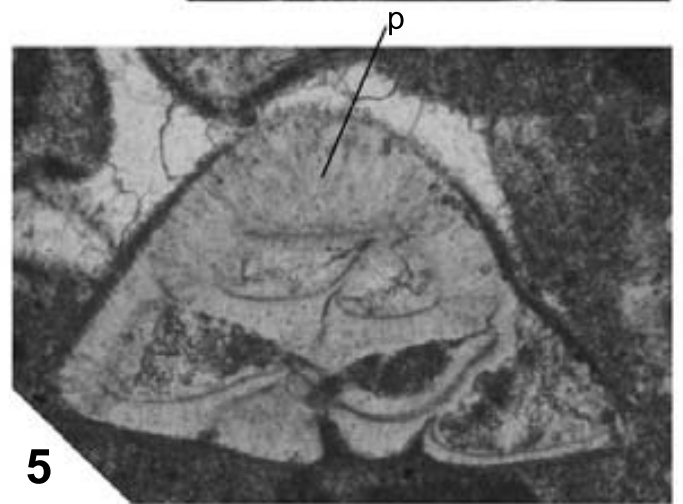
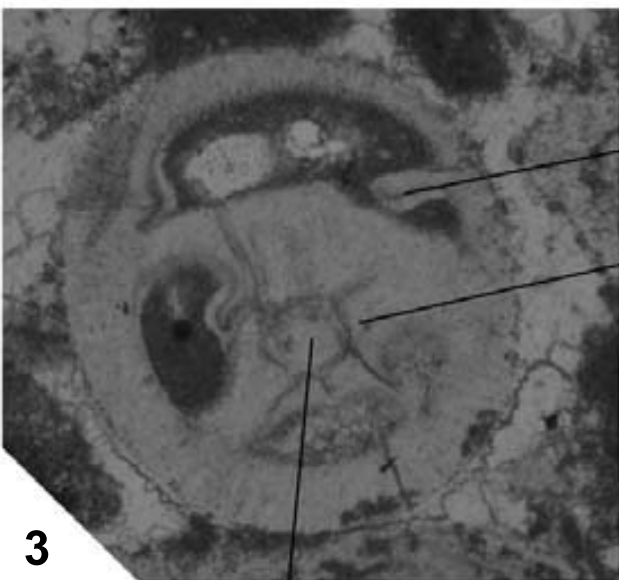
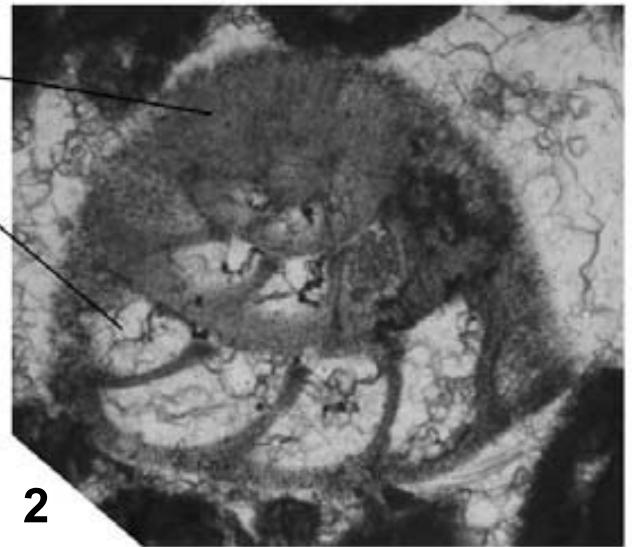
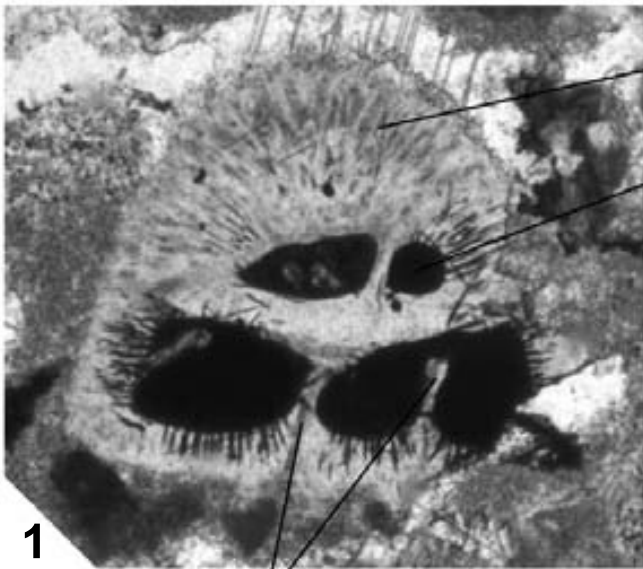
1,2, 5) Secciones oblicuas de *R. campaniola* en las que es posible observar el gran diámetro de los poros que presenta su gruesa pared. También son visibles los canales intraseptales. Edad 1-2: Coniaciense superior- Santoniense inferior. Edad 5: Campaniense inferior- medio.

3,4) Secciones transversales oblicuas en las que puede verse el bajo número de cámaras por vuelta de espira, así como un amplio canal umbilico- espiral. Edad Campaniense inferior- medio.

6,7) Secciones oblicuas centradas próximas a la axial. Se distingue una cara dorsal muy cóncava y una ventral muy plana, así como un botón umbilical masivo rodeado por una sutura profunda. Edad Campaniense inferior- medio



# LAMINA XX



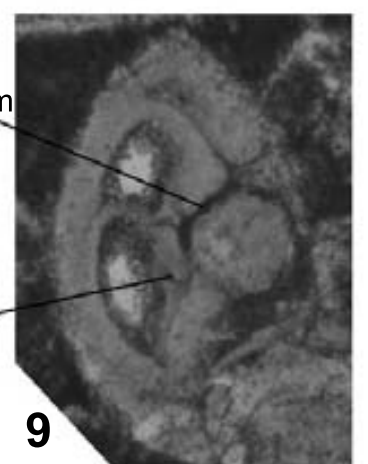
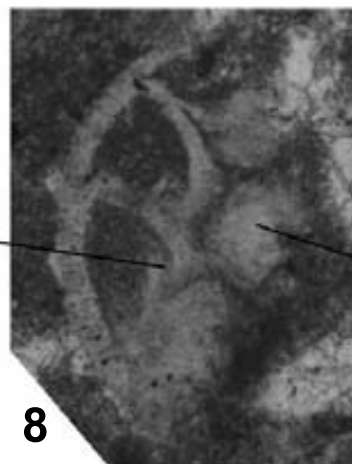
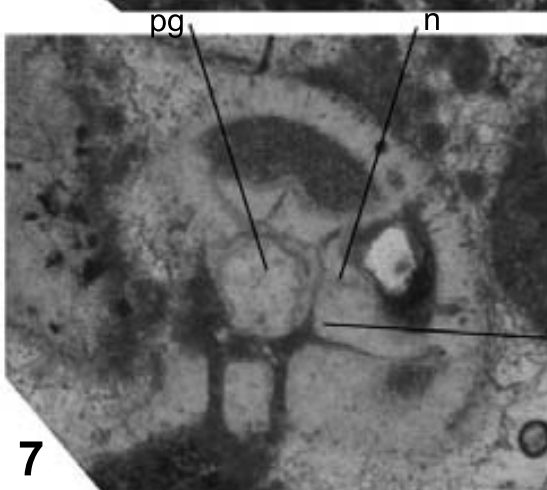
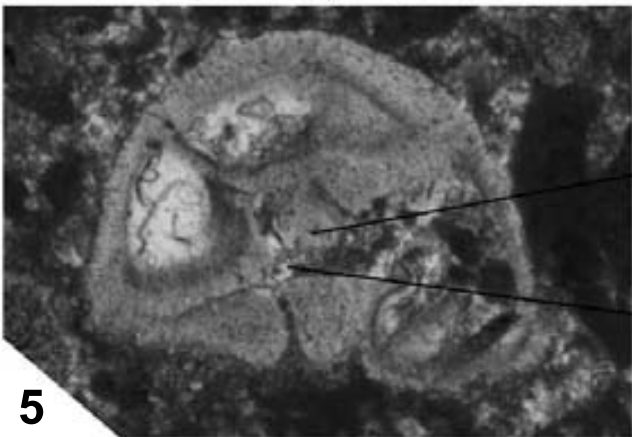
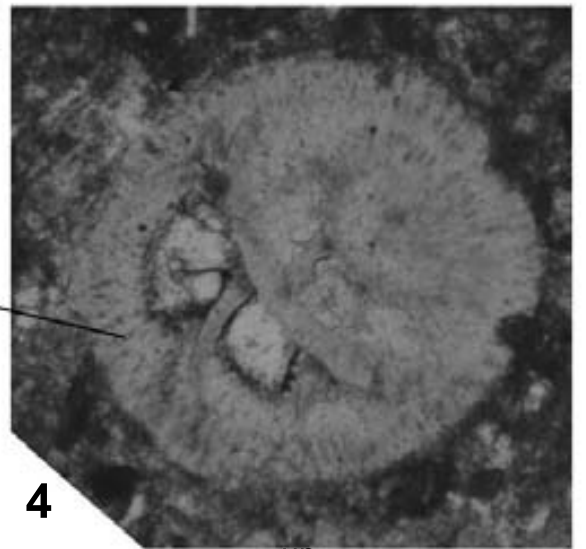
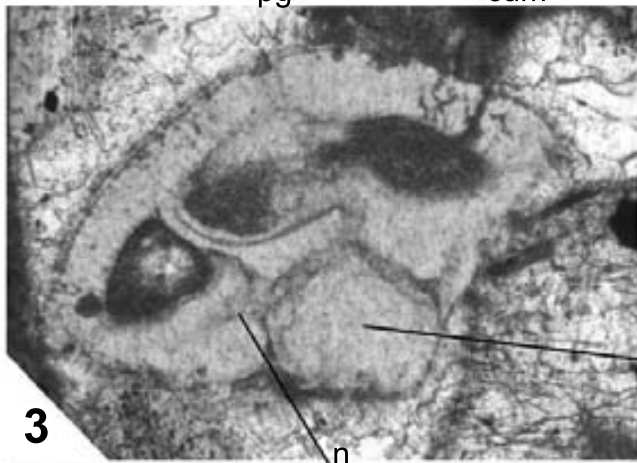
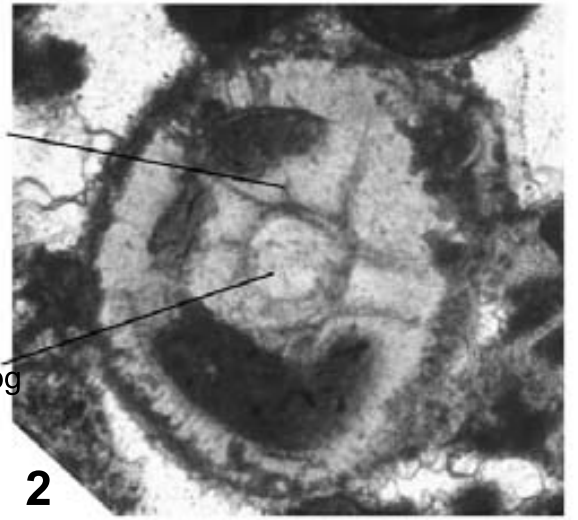
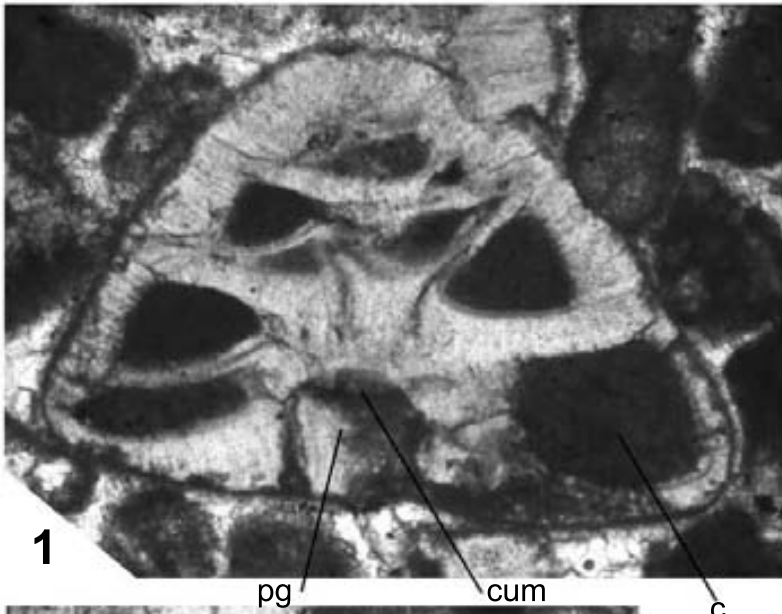
## LÁMINA XXI

*Rotorbinella campaniola* n.sp., 100X.

Campaniense inferior- medio.

- 1) Sección oblicua próxima a la axial de *R. campaniola*, en la que pueden distinguirse claramente el botón central masivo.
- 2, 3, 5-9) Secciones transversales oblicuas en las que puede verse el bajo número de cámaras por vuelta de espira, así como un amplio canal umbilico-espiral. Notese la presencia de la placa umbilical en alguna de sus cámaras, así como del notch sutural.
- 4) Sección oblicua en la que se distingue la gruesa pared de *R. campaniola*, así como sus poros de diámetro considerable.

LAMINA XXI



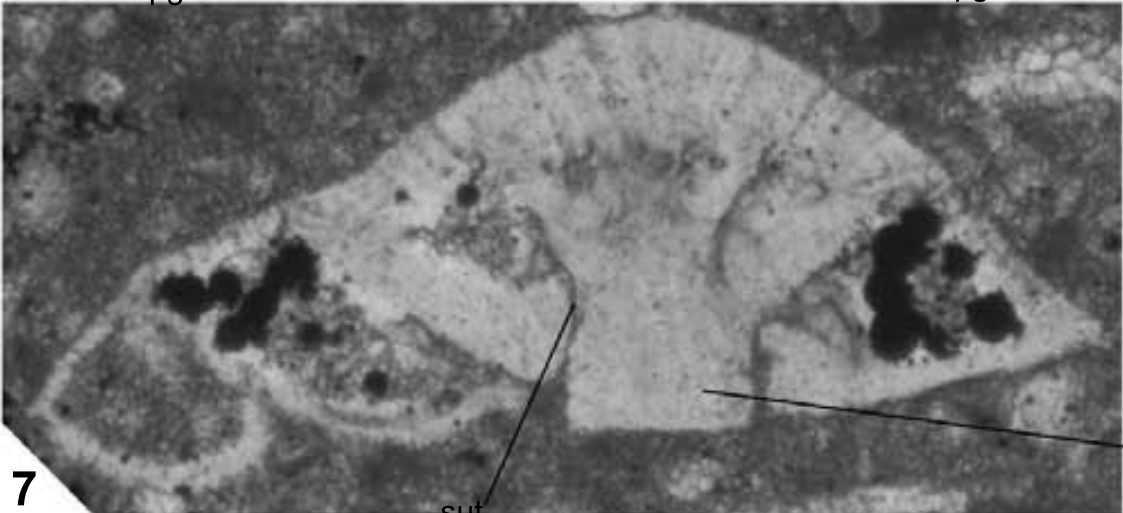
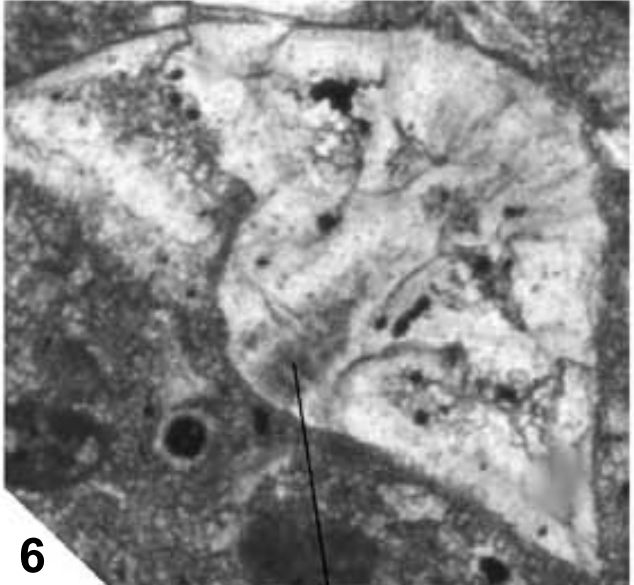
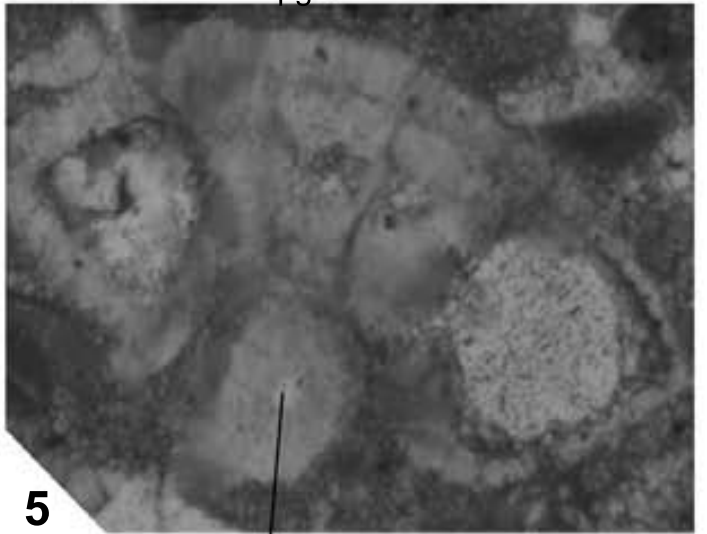
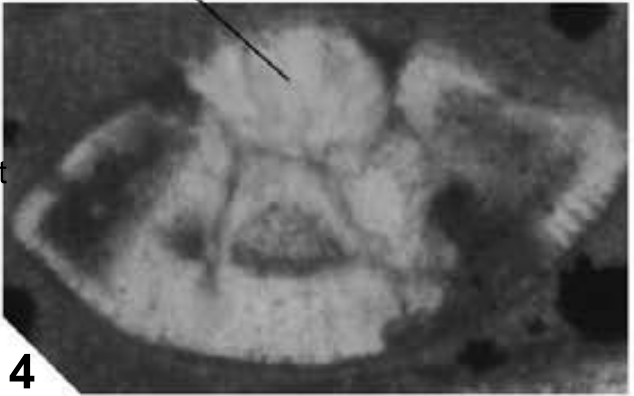
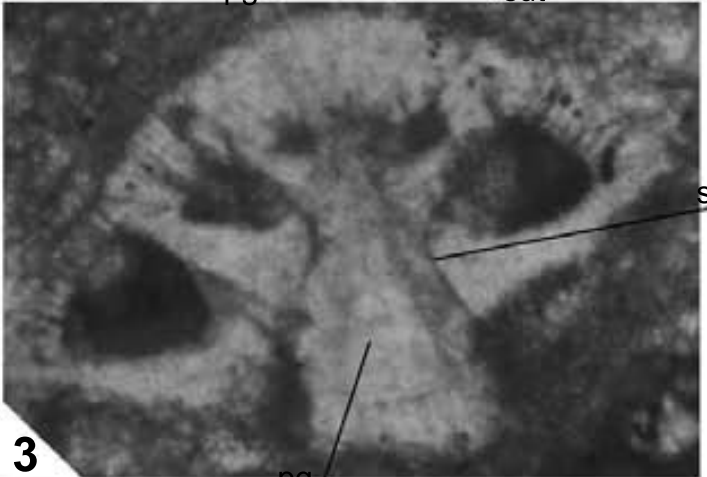
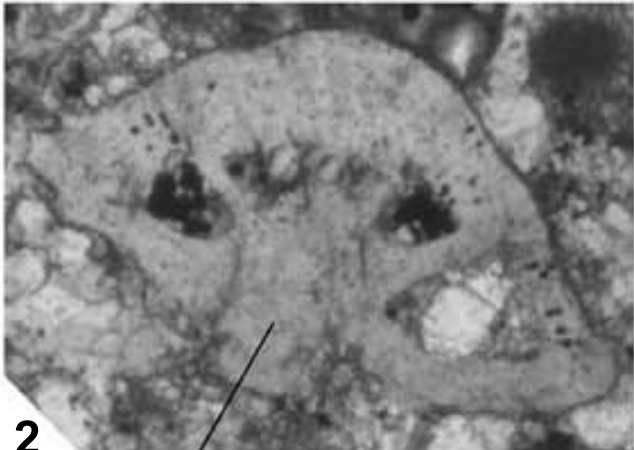
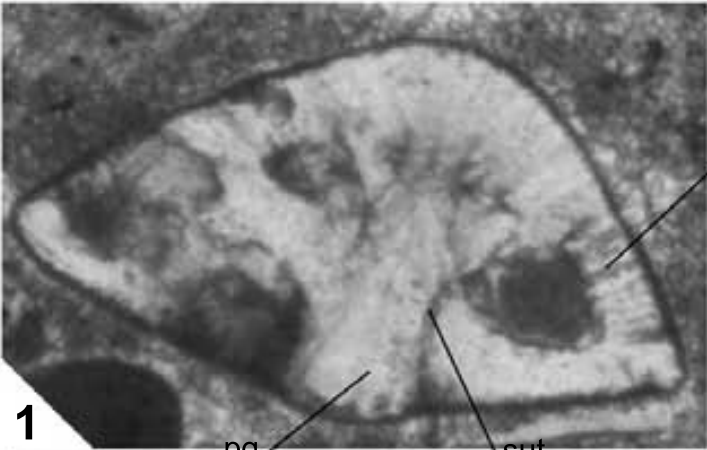
## **LÁMINA XXII**

*Rotorbinella* spp., 200X.

1- 3, 6, 7) Secciones axiales o próximas a la axial de *Rotorbinella* spp., en las que puede distinguirse el botón umbilical rodeado por una amplia y profunda sutura.

4,5) Secciones oblicuas próximas a la transversa en la que se observan los folia de pequeña longitud, así como un botón umbilical de gran tamaño.

LAMINA XXII

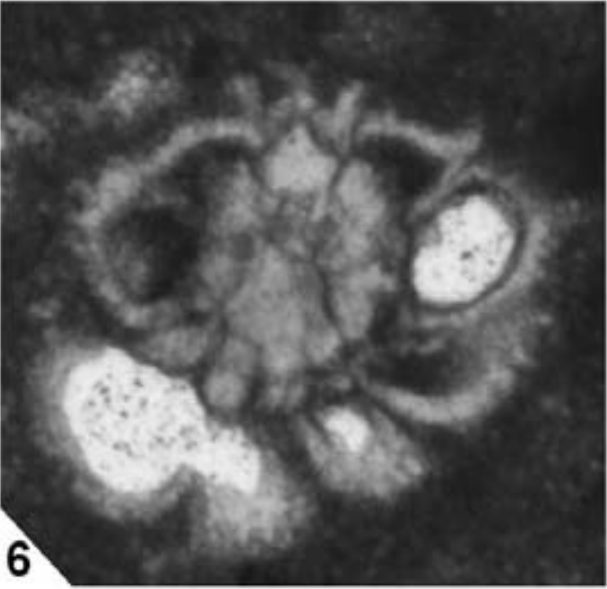
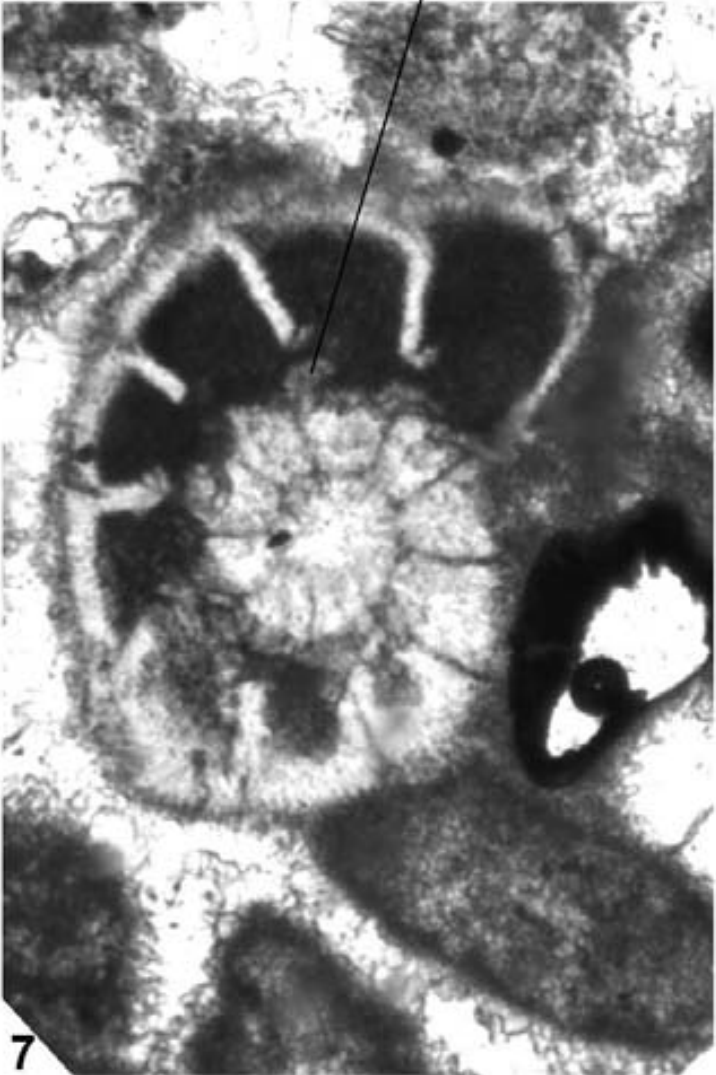
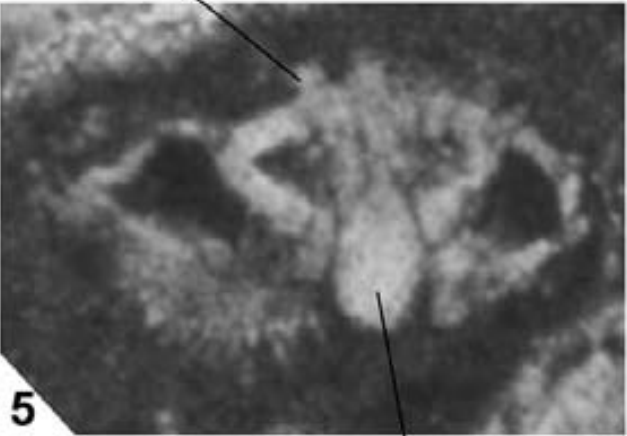
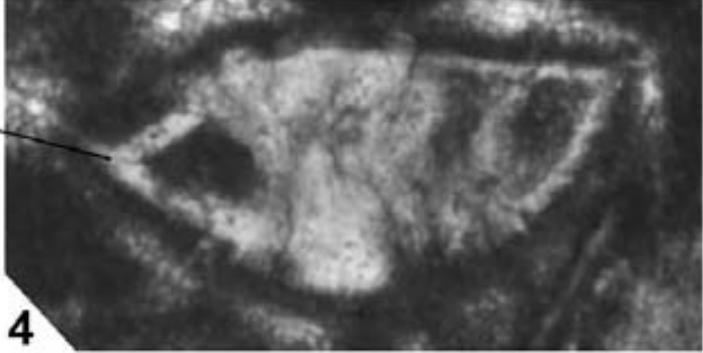
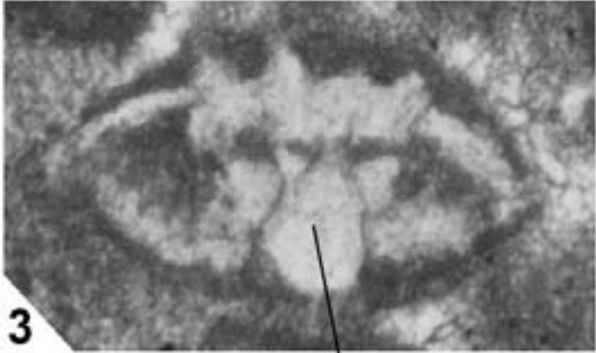
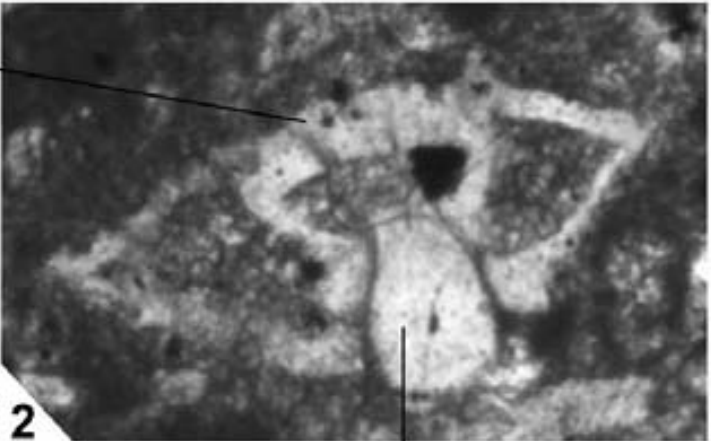
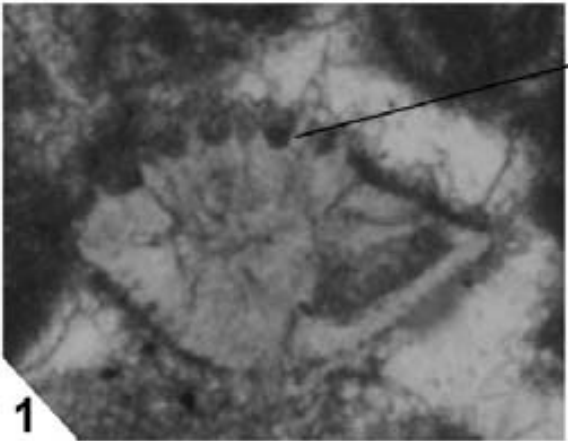


### **LÁMINA XXIII**

*Pararotalia tuberculifera* Reuss, 200X.

- 1) Sección oblicua en la que puede observarse las pústulas en su lado dorsal.
- 2-5) Secciones axiales de *P. tuberculifera* en las que se observan las pústulas en la cara dorsal así como un prominente botón umbilical en su lado ventral. En algunas de las secciones puede apreciarse la presencia de placas dentales.
- 6) Sección oblicua en la que se distingue un perfil pustuloso, y la presencia de amplios espacios intraseptales.
- 7) Sección transversa en la que se distinguen las cámaras, los espacios intraseptales, así como la presencia de placas dentales.

LAMINA XXIII



## LÁMINA XXIV

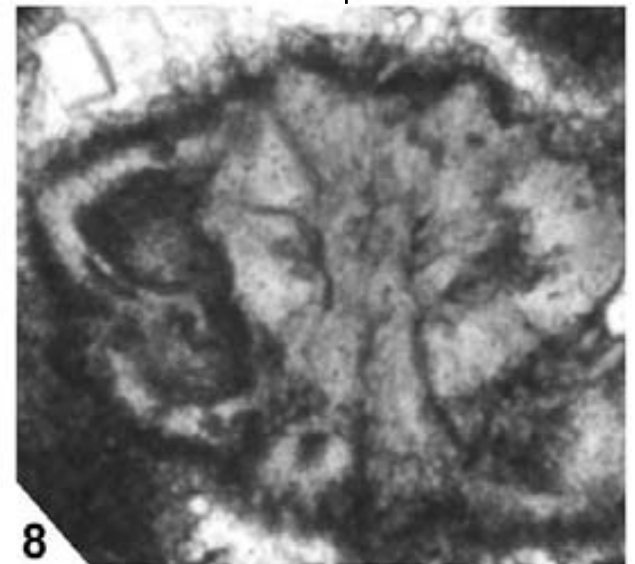
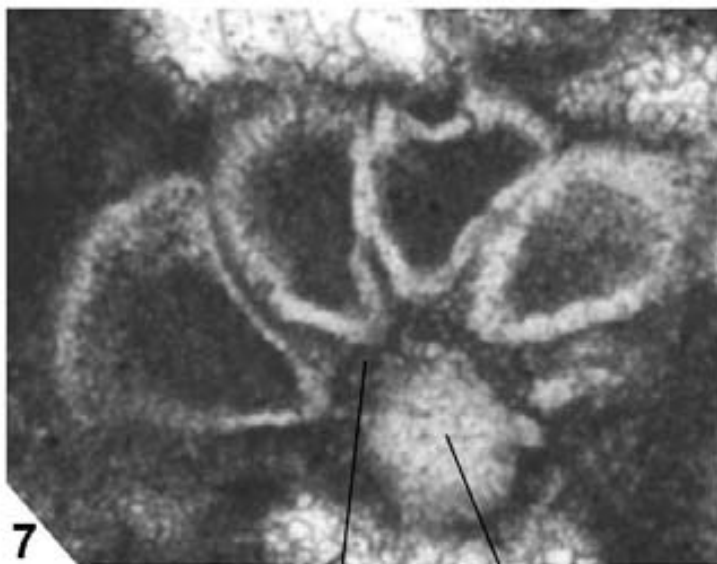
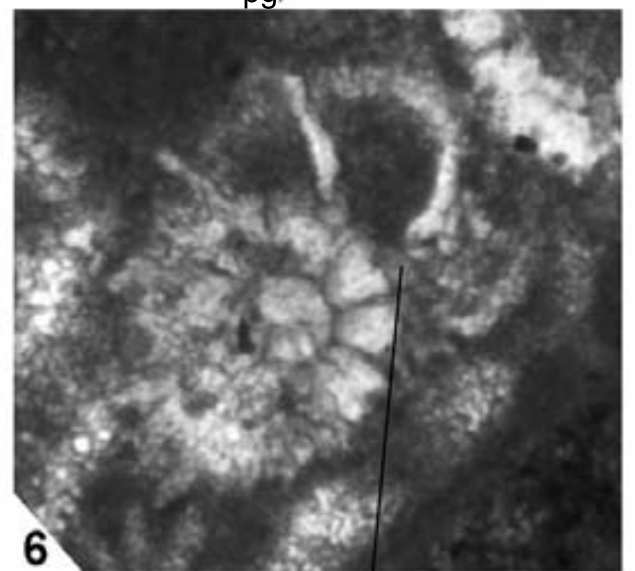
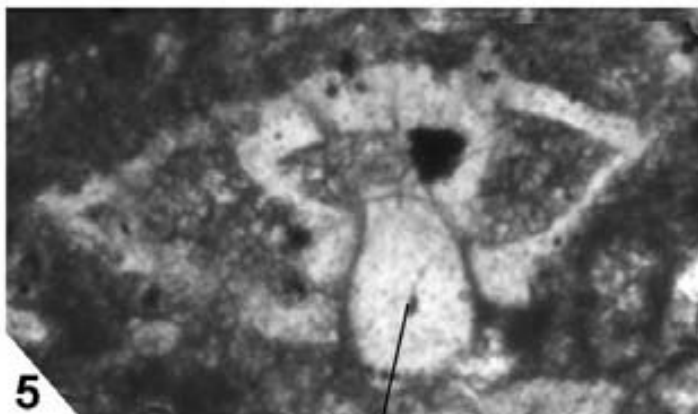
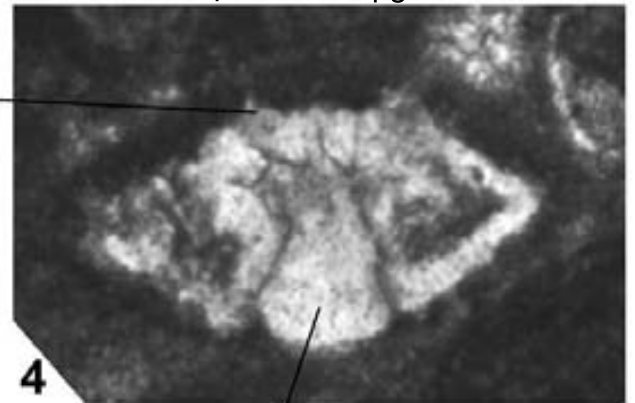
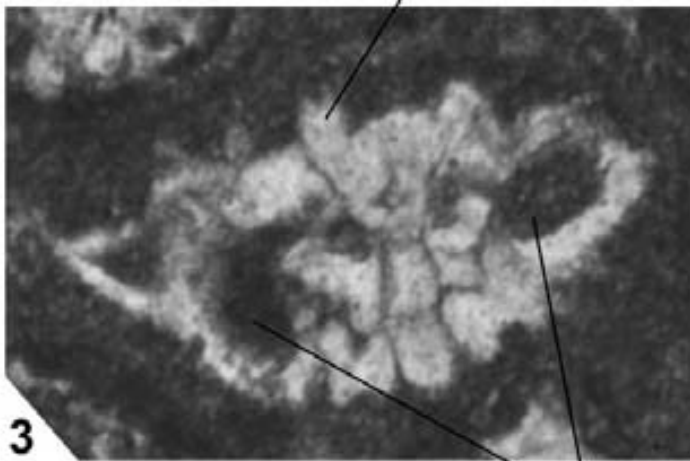
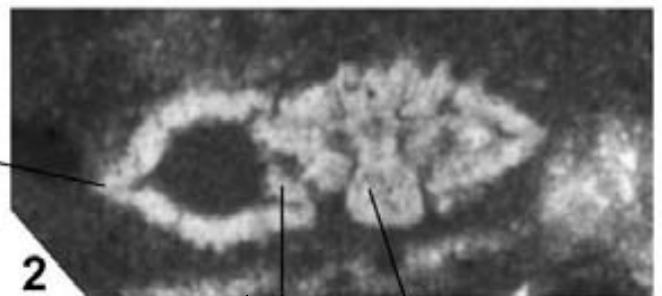
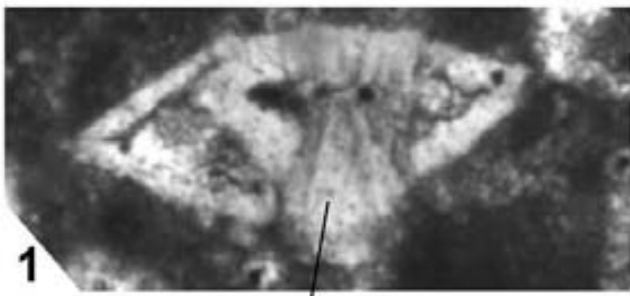
*Pararotalia tuberculifera* Reuss, 200X.

1-5,8) Secciones axiales o oblicuas centradas próximas a la axial de *P. tuberculifera*, en las que se distingue claramente la cara dorsal, cubierta por pústulas, de la cara ventral, en la que el umbilicus es ocupado enteramente por un botón masivo de calcita.

6,7) Secciones oblicuas próximas a la transversal en la que se observan las cámaras y, en algún caso, la presencia de *tooth-plates*, así como se distingue una amplia sutura envolviendo el plug umbilical.



# LAMINA XXIV



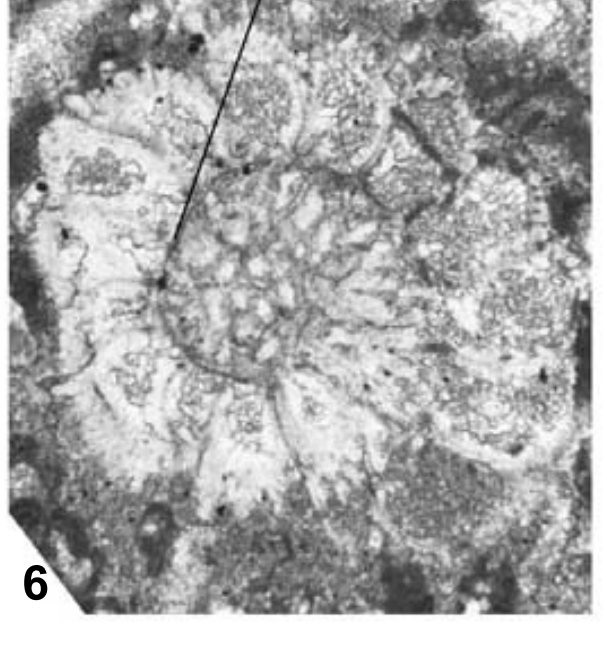
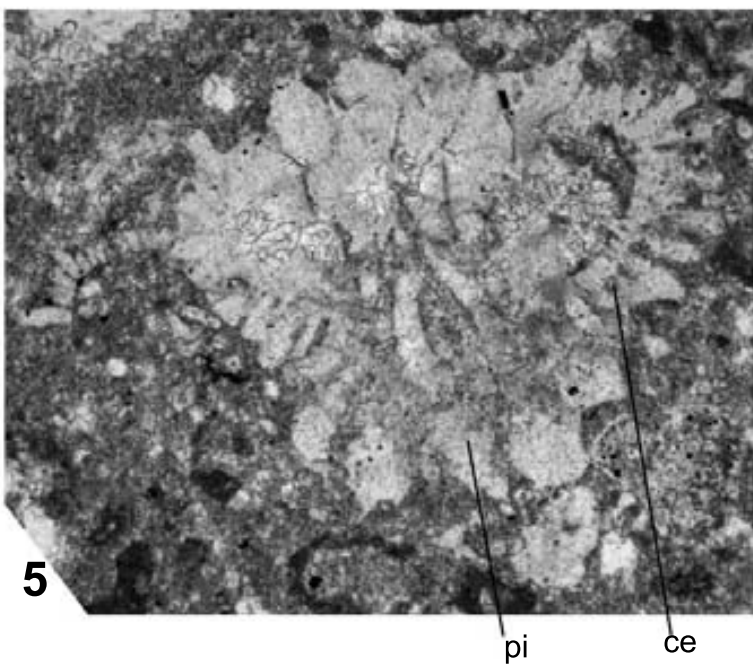
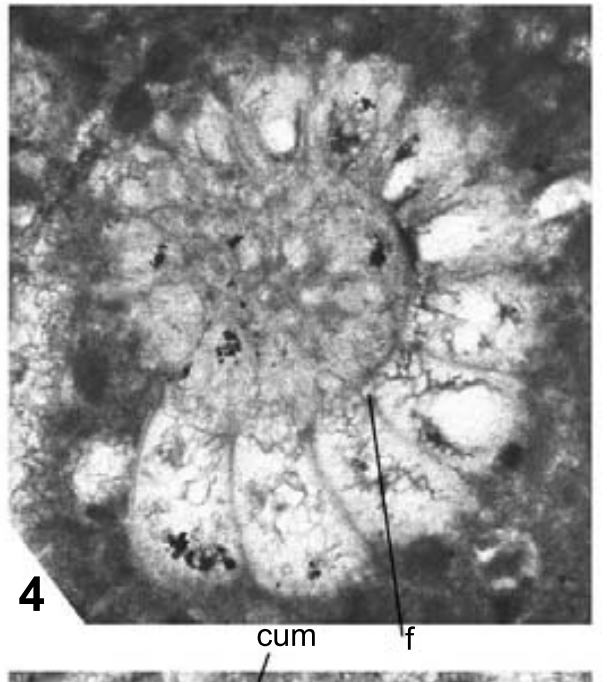
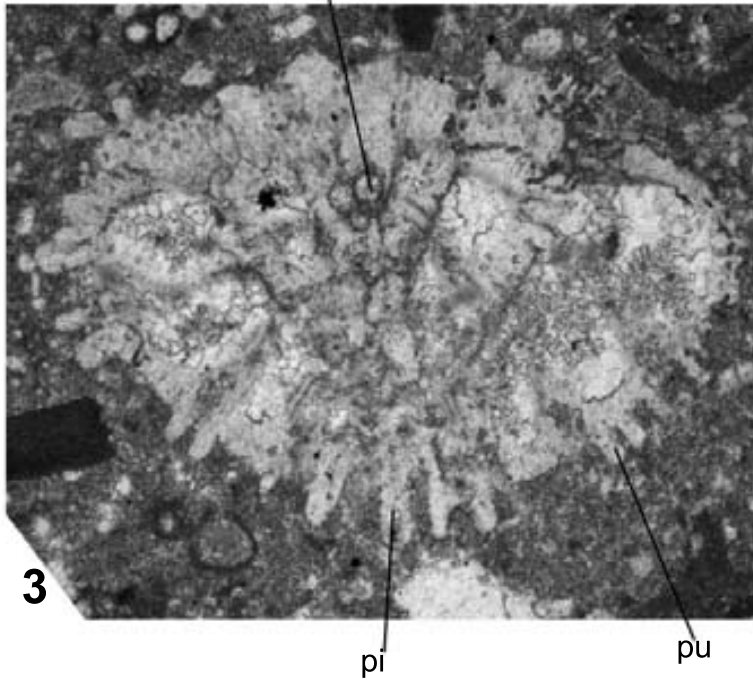
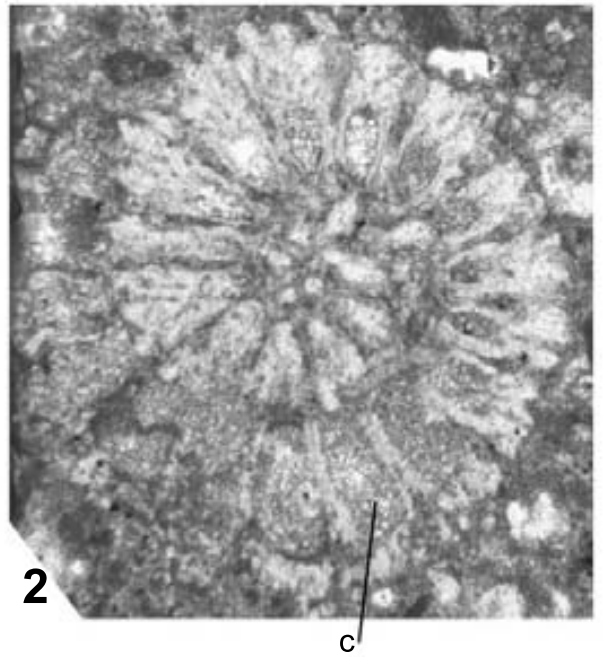
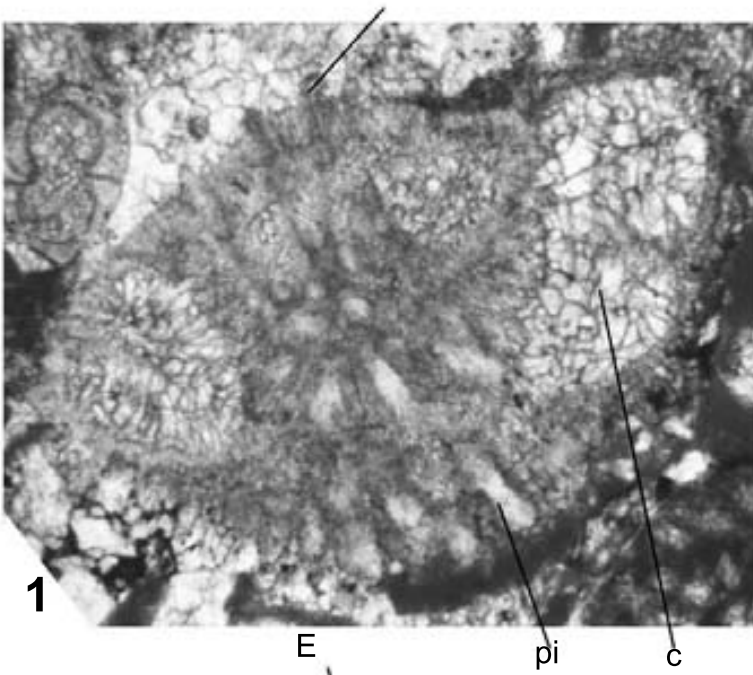
## **LÁMINA XXV**

*Calcarinella schaubi* n.gen., 100X.

1-3) Secciones axiales y subaxiales de formas macrosféricas de *C. schaubi*. Nótese como el umbilicus se encuentra ocupado por numerosos apilamientos de láminas con funnels verticales entre ellos.

4-6) Secciones transversales en la que pueden distinguirse los canales intraseptales, así como las pústulas que presenta la pared.

# LAMINA XXV



## LÁMINA XXVI

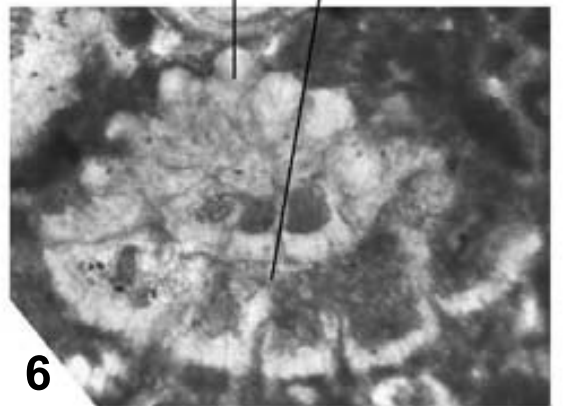
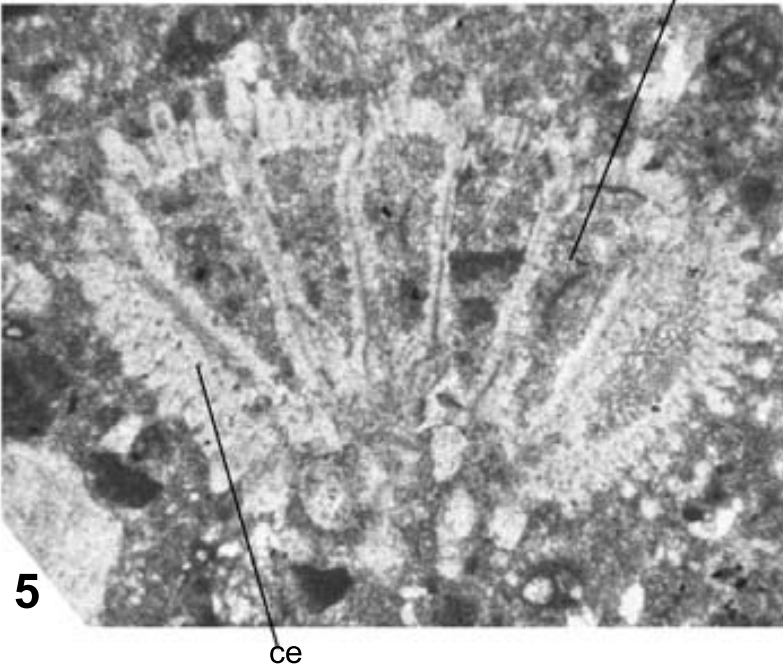
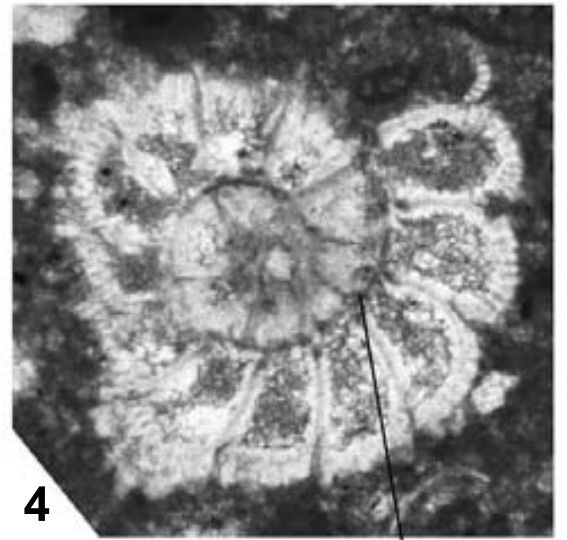
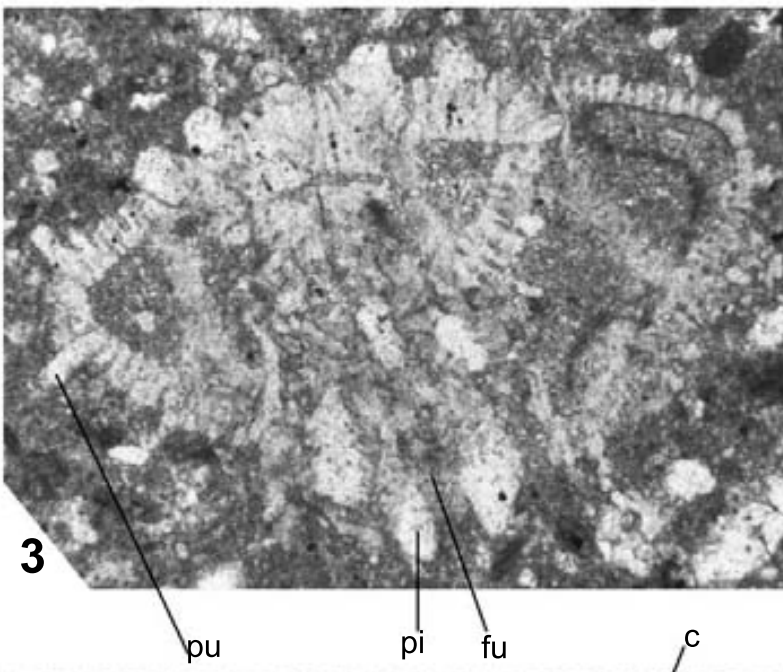
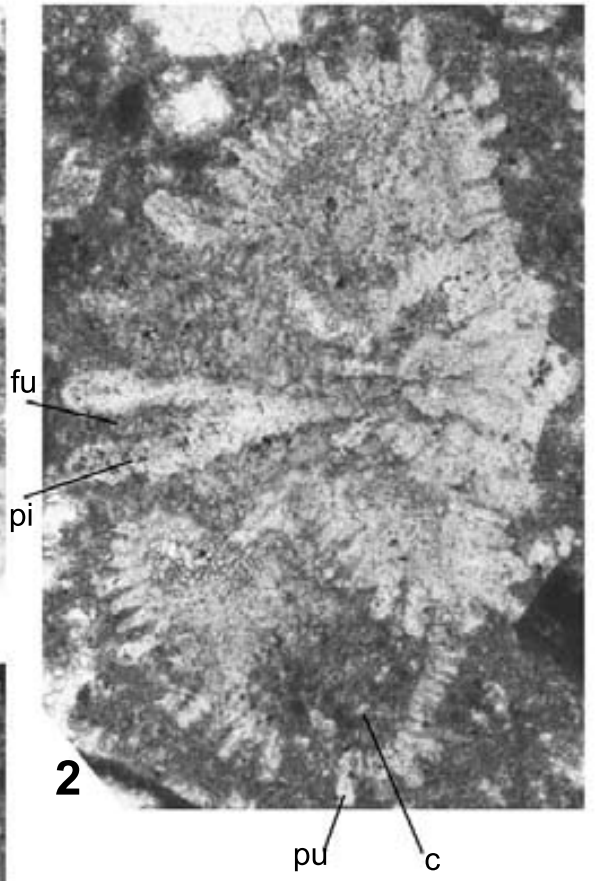
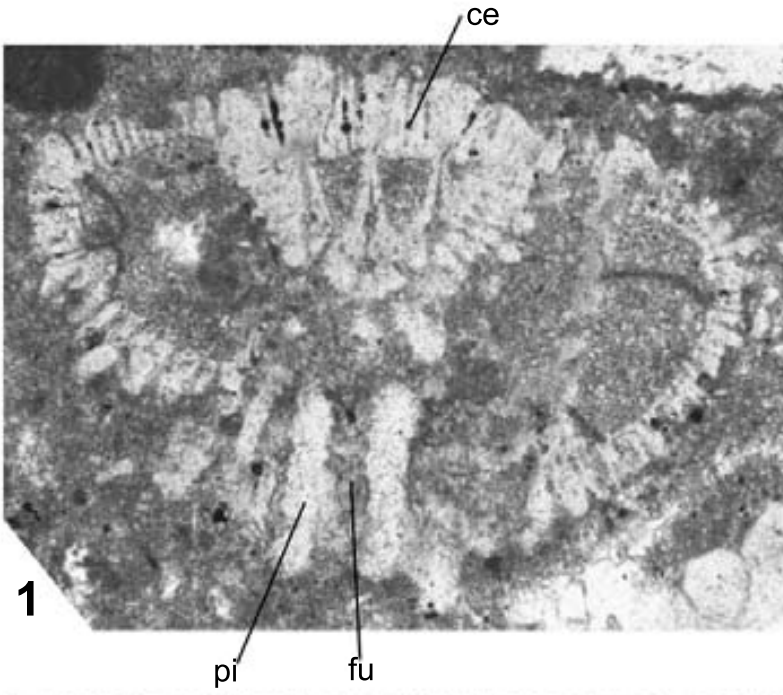
*Calcarinella schaubi* n.gen., 100X.

1-3) Secciones axiales y subaxiales de formas macrosféricas de *C. schaubi*. Nótese como el umbilicus se encuentra ocupado por numerosos apilamientos de láminas con funnels verticales entre ellos.

4) Sección transversal en la que pueden distinguirse los canales intraseptales, así como las pústulas que presenta la pared

5,6) Secciones oblicuas de formas macrosféricas en las que se distingue claramente la morfología cuadrangular- rectangular de las cámaras, así como la presencia de canales envolventes.

LAMINA XXVI

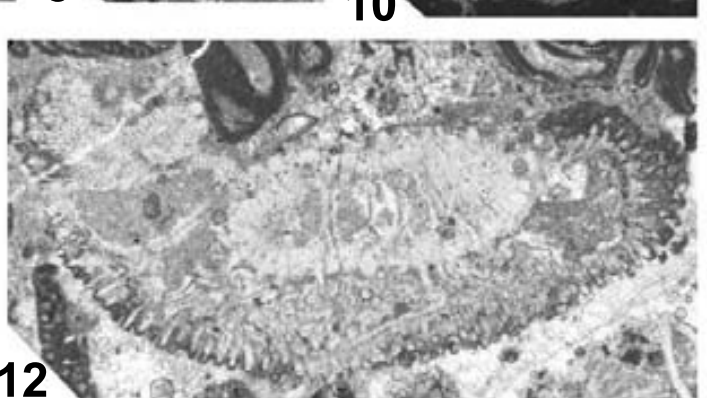
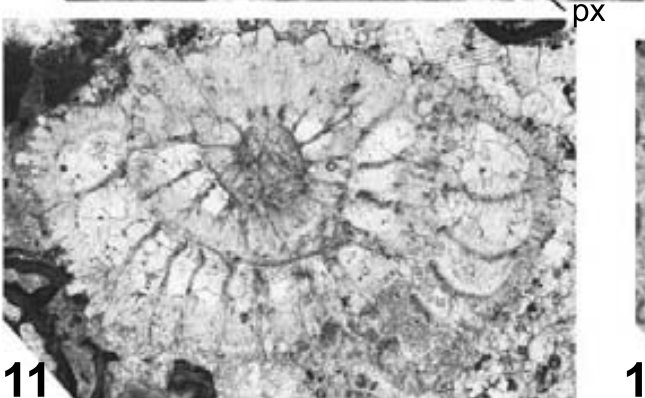
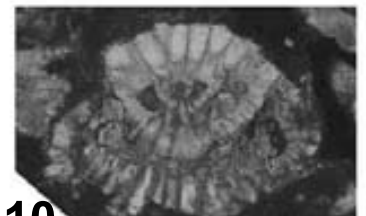
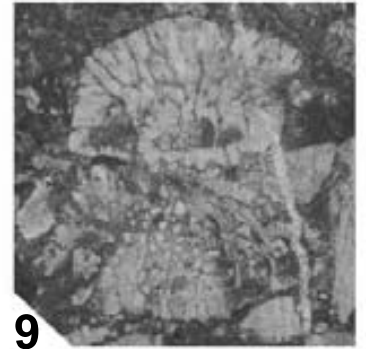
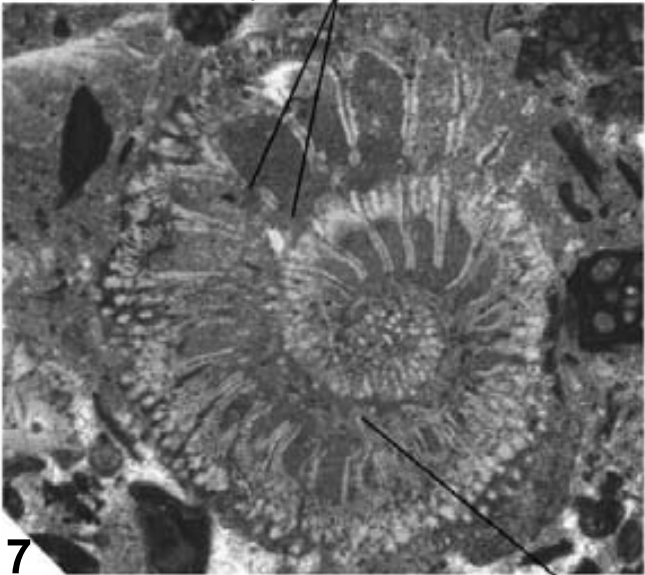
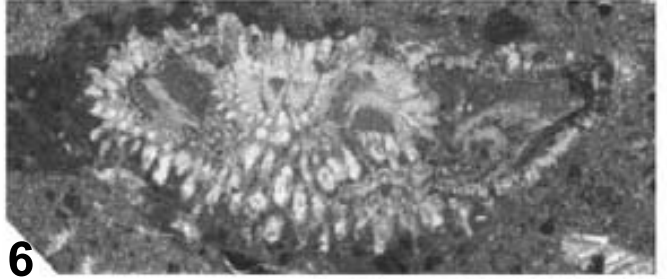
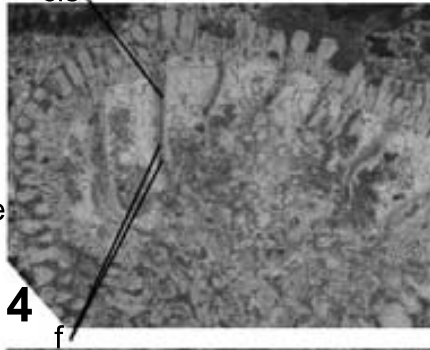
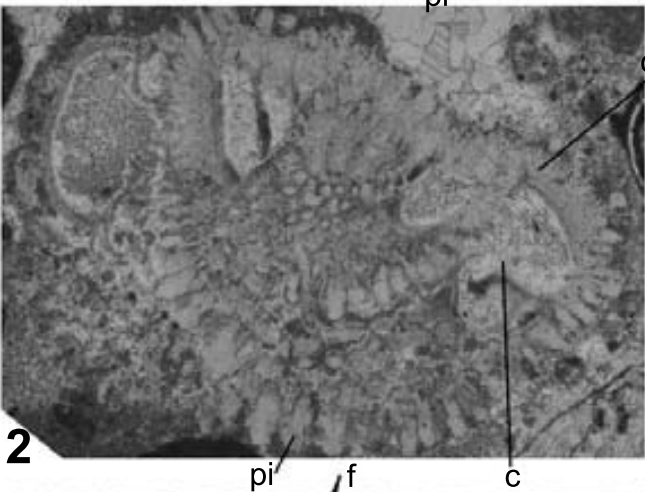
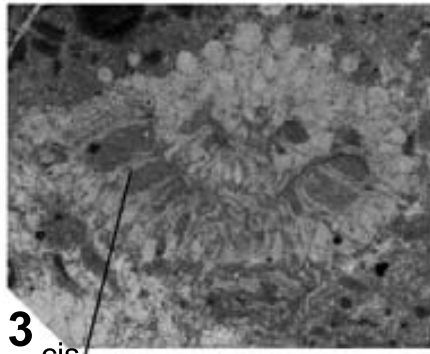
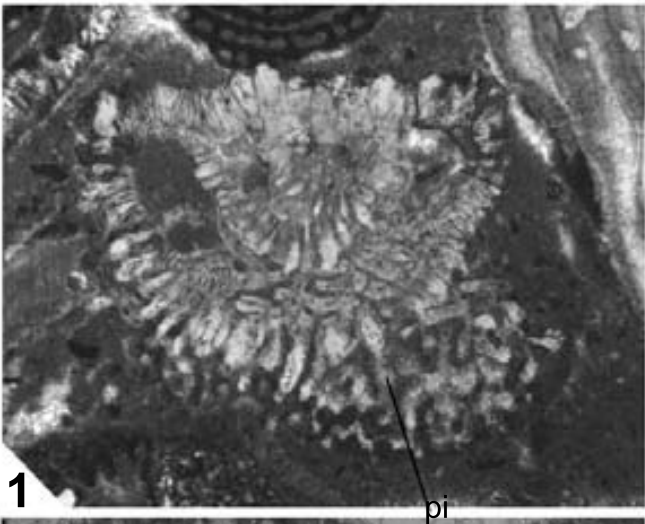


## LÁMINA XXVII

*Calcarinella schaubi* n.gen., 25X.

1 -12) Secciones oblicuas de la forma microsérica de *Calcarinella schaubi* donde se aprecia el gran tamaño de los poros, así como la presencia de un sistema de canales envolvente, las secciones de las cuales puede verse en las fotografías. En la fotografía 7 puede distinguirse claramente como el canal umbilicoespiral es múltiple, dando lugar a un *plexus* umbilical.

LAMINA XXVII



## **ABREVIACIONES DE LAS LÁMINAS**

a- abertura  
c- cámara  
ce- canales envolventes  
cf- camarilla foliar  
cis- canal intraseptal  
cum- canal umbilico- espiral  
E- Embrión  
ei- espacio intraseptal  
f- foramen  
fo- folium  
fu- funnel  
k- carena  
lh- loop- hole  
n- notch sutural  
p- poros  
pg- plug umbilical  
pi- apilamientos de láminas  
pl- placa indeterminada  
pu- pústulas  
px- plexus umbilical  
s- septo  
sut- sutura  
tp- placa dental  
up- placa umbilical.



## *APÉNDICE*

***GLOSARIO:** Breve glosario de la terminología en español utilizada para la descripción de los foraminíferos rotálidos.*

---

**Breve glosario en español de los términos utilizados para la descripción de los foraminíferos rotálidos en este trabajo:**

**Abertura (*APERTURE*):** (n) Abertura primaria en la concha de un foraminífero que pone en contacto la cavidad interna de éste con el medio en el que vive. La apertura puede ser simple o múltiple. En el momento en que la apertura queda cubierta por la cámara siguiente se convierte en foramen intercameral. Su morfología, en ese momento, puede cambiar mediante una reabsorción selectiva de sus márgenes. A menudo, la última cámara de la concha no se preserva debido a sus finas paredes, faltando, en estos casos, la apertura primaria.

**Abertura foliar (*FOLIAR APERTURE*):** (n) Abertura primaria del folium hacia el exterior. Puede encontrarse en posición anterior, posterior o umbilical (axial) en los márgenes del folium; esta puede localizarse entre la pared de la cámara principal y el folium, o bien en el mismo folium.

Una apertura foliar puede encontrarse a continuación de la apertura cameral primaria, o bien encontrarse separada de esta, pero esta nunca se convierte en un foramen intracameral.

La apertura foliar puede dar lugar a los funnels a medida que va siendo cubierta por sucesivas lamelas secundarias.

**Apilamiento de laminas (*PILES*):** (n) Engrosamientos producidos por la superposición de lamelas externas en las paredes laterales de las cámaras, en los folia de vueltas sucesivas, o bien en los folia de cámaras consecutivas, dando lugar a estructuras parecidas a pilares (no confundir con el término pilar referente a estructuras endosqueléticas)

**Botón umbilical (*UMBILICAL PLUG*):** (n) Apilamiento de láminas formando una única estructura sólida y densa, más o menos libre, en el centro del umbilicus, a menudo separado de los bordes foliares por una fisura espiral.

**Cámara o Espacio cameral (*LOCULUS /CHAMBER LUMEN*):** (n) Espacio(s) comprendido(s) entre los elementos esqueléticos de la concha, los cuales se han producido en un único momento o paso de crecimiento. Esta cavidad está ocupada por el protoplasma, y recubierta por una capa orgánica. Por definición, los espacios camerales se comunican entre ellos exclusivamente a través del foramen intracameral y/ o a través de un sistema de estolones múltiples. El término espacio cameral se utiliza, en particular, para distinguir el “interior” del “exterior” de una concha. Es decir, entre los espacios intra e interoculares.

**Camarilla foliar (*FOLIAR CHAMBERLET*):** (n) Parte de una cámara delimitada por un folium. Una camarilla foliar puede ser continua a la cámara principal estando separada primariamente de ésta (parcial o casi completamente) por una placa foraminal, por una placa umbilical o, secundariamente, por una placa cubriente. Una camarilla foliar se comunica con el exterior a través de aperturas foliares y con el lumen de la cámara principal a través de aberturas en la misma la placa umbilical o en su margen.

**Canales envolventes (*ENVELOPING CANALS*):** (n) Espacios más o menos tubulares, paralelos a la superficie de la concha. Están formados en las paredes laterales de las cámaras comunicándose con los espacios intraseptales. Los canales envolventes se producen por la superposición de porciones imperforadas de lamela externa, que cubren parcialmente y se doblan dentro de los espacios intraseptales. Estas lamelas dan lugar, en superficie, a hileras de aberturas alternadas por donde se produce la extrusión del flujo ectoplasmático hacia surcos presentes en la pared perforada. Cuando estos canales están situados en el margen de la concha, extendiéndose perpendicularmente a ella se denominan canales marginales (ver sistema de canales marginales).

**Canal intraseptal (*INTRASEPTAL CANAL*):** (n) Espacio entre la cara apertural de una cámara y el pliegue septal de la cámara siguiente.

**Canales suturales (*SUTURAL CANALS*):** (n) Aperturas hacia el exterior de los espacios interoculares intraseptales, los márgenes de los cuales están parcialmente cerrados por la adherencia local de las paredes de cámaras consecutivas.

**Canal umbilico- espiral primario (*PRIMARY SPIRAL- UMBILICAL CANAL*):** (n) Espacio más o menos tubular localizado entre las placas umbilicales y la pared de la vuelta precedente, o bien entre placas, folia y la vuelta precedente. También puede desarrollarse entre las placas dentales y la vuelta precedente.

**Canal umbilico- espiral secundario (*SECONDARY SPIRAL- UMBILICAL CANAL*):** (n) Espacio más o menos tubular comprendido entre las cover plates y la pared lateral de la vuelta precedente.

**Cara apertural (*APERTURAL FACE*):** (n) Superficie de la pared de la cámara que comprende la apertura cameral principal.

**Cara espiral (*SPIRAL FACE*):** (n) En las conchas trocospirales, cara que contiene el prolóculo, o hacia la cual el prolóculo está desplazado.

**Cara umbilical (*UMBILICAL FACE*):** (n) En las conchas trocospirales, la cara opuesta a la cara espiral. Es la cara en la que es visible el umbilicus.

**Carena (*KEEL*):** (n) Engrosamiento periférico de la concha. En los foraminíferos bilamelares la carena esta formada exclusivamente por lamela externa imperforada.

**Cavidad umbilical (*UMBILICAL CAVITY*):** (n) Complejo axial de pasajes interconectados delimitados por las paredes axiales de las cámaras, paredes umbilicales internas, folia, placas foraminales y cover plates. También incluye el sistema de canales umbilicales. Puede estar restringido por apilamientos de láminas, y comunicarse con el exterior a través de aberturas foliares o por canales verticales (funnels).

**Crecimiento orbitoidal (*ORBITOIDAL GROWTH*):** (n) Disposición de las cámaras como la que presentan los orbitoides s.l.: una capa de camarillas anulares dispuestas alternadamente en dirección radial. Cada camarilla se comunica con la camarilla anterior y previa a través de un sistema de estolones diagonales.

**Dimorfismo (*DIMORPHISM*):** (n) Coexistencia de dos morfotipos distintos que representan generaciones diferentes en el ciclo vital de una misma especie. El diámetro de la protoconcha es grande (megalosférico o forma A) cuando el protoplasma del agamonte y sus simbioses se distribuyen entre los descendientes clonados. El diámetro de la protoconcha es pequeño (microsférico o forma B) cuando las gametas de los gamontes se fusionan en parejas para formar cigotos sin el protoplasma ni los simbioses maternos.

**Disposición trocospiral (*TROCHOSPIRAL ARRANGEMENT*):** (n) Disposición de cámaras en vueltas, en las que la tasa de translación es más grande que cero. La cara umbilical y la cara espiral que se generan no son iguales. La concha con disposición de cámaras trocospiral puede ser evoluta o involuta, tanto en la cara espiral como en la umbilical.

**Espacio interocular (*INTERLOCULAR SPACE*):** (n) Espacio comprendido en una sutura profunda deprimida, situada entre paredes de cámaras consecutivas o entre vueltas sucesivas.

**Espacio interocular intraseptal (*INTRASEPTAL INTERLOCULAR SPACE*):** (n) Espacio interocular existente entre la pared bilamelar posterior de una cámara y la pared bilamelar distal de la cámara precedente, como resultado de una sutura profundamente deprimida. Los espacios intraseptales pueden estar abiertos al exterior a lo largo de sus márgenes. Si están cerrados pasan a llamarse canales intraseptales.

**Espacio intralamelar (*INTRALAMELLAR SPACE*):** (n) Espacio formado entre sucesivas lamelas externas en las conchas con paredes bilamelares. Estos espacios pueden estar hinchados dando lugar a camarillas suplementarias. Estas camarillas estarán alimentadas por orificios en el canal, no por aperturas o estolones, y por lo tanto son independientes de la disposición primaria de las cámaras.

**Espacio umbilical (*UMBILICUS*):** (n) Espacio axial presente en los foraminíferos que desarrollan una disposición trocospiral de las cámaras. Éste espacio se comunica directamente a través de aberturas con el lumen de las cámaras o con las camarillas foliares. Puede estar abierto o bien ocupado por un plug umbilical.

**Espira múltiple (*MULTIPLE SPIRALS*):** (n) Las conchas planispirales y trocospirales pueden producir espiras suplementarias que crecen al mismo ritmo que la espira primaria. Las espiras múltiples han sido observadas en varios grupos de foraminíferos, entre ellos los rotálidos (*Dictyokathina*, *Dictyoconooides*).

**Esqueleto suplementario (*SUPPLEMENTAL SKELETON*):** (n) Repliegues imperforados producidos por la lamela externa que cubre y/ o restringe los espacios interloculares formando sistemas de canales envolventes, espinas caniculadas, crestas marginales, cuerdas marginales y camarillas perforadas.

**Fisura espiral (*SPIRAL FISSURE*):** (n) Espacio umbilical profundo más o menos circular que separa el folio de un plug umbilical.

**Folium (*FOLIUM*; pl. *FOLIA*):** (n) Porción axial- umbilical de la pared lateral de la cámara, generalmente con un perfil triangular, y a menudo diferenciada texturalmente (imperforada). El límite entre la pared de la cámara principal y el folium puede estar indicado por una indentación posterior corta (*notch*), y/ o por una sutura de la placa umbilical.

Un folium está formado por las mismas láminas que componen la pared de la cámara principal.

Entre el margen anterior del folium y la vuelta previa adyacente siempre existe una abertura, que recibe el nombre de apertura foliar. Además, puede haber aberturas umbilicales y/o aberturas posteriores, dependiendo de si los folia son libres, o bien están unidos por sus extremos o a lo largo de su margen posterior.

En algunos géneros, como *Asterorotalia*, los folia pueden extenderse sobre la cámara previa, y fijarse a esta, cubriendo parcialmente los espacios interoculares intraseptales, si es que estos están presentes.

**Foramen (*FORAMEN*, pl. *FORAMINA*):** (n) Abertura o aberturas que permiten la comunicación entre la lumina de cámaras consecutivas. Puede ser primario (formado a partir de la apertura cameral) o secundario (formado por la reabsorción de partes del septo). Las aberturas convertidas en foramina intracamerales pueden estar morfológicamente modificadas por la reabsorción, o bien estarlo por la proximidad de una toothplate, una placa foraminal o una placa umbilical.

**Foseta (*FOSSETTE*):** (n) Abertura hacia el exterior de un espacio interocular intraseptal.

**Funnel (*FUNNEL*):** (n) Espacio intercameral de morfología tubular, más o menos perpendicular a la superficie de la concha, producido por la superposición de lamelas secundarias. Los funnels se originan a partir de los márgenes de canales suturales o fosetas, o de las aberturas foliares que comunican con el canal umbilico-espinal. Los funnels persisten en las partes de la concha con laminación secundaria, si es que no son interrumpidos por la presencia de las últimas cámaras.

**Intraseptal (*INTRASEPTAL*):** (Adj) Localizado entre septos consecutivos.

**Labio (LIP):** (n) En las formas lamelares, extensión imperforada de la pared de la cámara a lo largo de una abertura cameral elongada. Puede ser tanto estrecho como ancho, pequeño o grande.

**Lado dorsal (DORSAL SIDE):** (n) Es el lado de un organismo que se encuentra más alejado del sustrato. El lado opuesto al ventral es el lado ventral.

En la mayoría de formas libres trocospirales, la cara espiral se encuentra en una posición dorsal, y la cara umbilical en posición ventral.

**Lado ventral (VENTRAL SIDE):** (n) Es el lado del organismo que está en contacto con el sustrato. Este lado es el opuesto al lado dorsal.

**Lamela externa (EXTERNAL LAMELA):** (n) Capa mineralizada en la pared primaria en los foraminíferos bilamelares, externa a la capa orgánica primaria.

**Lamela interna (INNER LAMELLA):** (n) En los foraminíferos bilamelares es la parte interna mineralizada de la pared de la cámara.

**Lamelación (LAMELLATION):** (n) Tipo de construcción de una pared que consiste en la biomineralización extracelular de capas orgánicas.

**Laminación (LAMINATION):** (n) Aspecto laminado que presentan las paredes de las conchas debido a la superposición de lamelas externas depositadas consecutivamente sobre la parte externa expuesta de la superficie de la concha.

**Loop- hole (LOOP- HOLE):** (n) Pequeña conexión entre el lumen de la cámara y el espacio interlocular. Puede localizarse en la periferia de la cámara (nummulítidos), en su base (elphídidos), o bien encontrarse detrás o delante de las placas umbilicales o *cover plates*, como en el caso de los rotálidos. Los loop-holes funcionan como “puertas traseras” para la extrusión del ectoplasma



cuando el plasma cameral se retrae al interior de las cámaras cuando se produce algún tipo de perturbación en el ambiente.

**Lumen principal de la cámara (MAIN CHAMBER LUMEN):** (n) Cavity cameral completa o segmentada que se comunica con la cámara precedente y con la posterior a través de un foramen intracameral primario o secundario. En ciertos foraminíferos lamelares, el lumen principal de la cámara está parcial o totalmente separado de una camarilla foliar o estelar. También lo está de los sistemas de canales por una placa foraminal, una toothplate, una placa umbilical o una cover plate.

**Notch (NOTCH):** (n) Indentación en posición sutural de la pared proximal de la cámara. Esta indica la posición de la placa umbilical. Su función es permitir, en las cámaras de la última vuelta, la extrusión directa del protoplasma al exterior a través de aperturas foliares.

**Pared bilamelar (BILAMELLAR WALL):** (n) En los foraminíferos perforados, es el tipo de pared formada primariamente por dos capas mineralizadas (lamela interna y lamela externa), a ambos lados de una capa orgánica primaria, llamada también capa media.

**Pared monolamelar (MONOLAMELLAR WALL):** (n) Pared perforada que consiste únicamente en una lamela externa, con ausencia total de capa media y de lamela interna. La lamela externa puede cubrir total o parcialmente las partes expuestas de la concha previamente formadas.

**Placa cubriente (COVER PLATE):** (n) Extensión imperforada del pliegue septal (*septal flap*), más o menos replegado, que se introduce en la cámara precedente a través del foramen intracameral, dividiendo el lumen de la cámara precedente en dos: el lumen principal de la cámara y una camarilla foliar. Normalmente se encuentra unida a una placa foraminal precedente.

Se trata de un carácter secundario, nunca presente en la última cámara y, por lo tanto, no homologable a la placa foraminal primaria o a una placa umbilical.

**Placa dental (*TOOTHPLATE*):** (n) Placa que va desde el foramen intracameral hacia la apertura, y está unida a los dos. Puede estar plegada formando un pliegue simple, uno doble o bien ser espiralada, con un margen libre, a menudo serrado, introducido distalmente en la abertura.

Una toothplate separa parcial o totalmente el lumen principal de la cámara de un espacio axial en los estados postembrionarios.

Varias toothplates conectadas entre sí pueden dar lugar, en conchas umbilicadas de trocospira baja, a un canal espiral primario. Una toothplate puede ser asimilable a una placa umbilical, pero nunca está asociada a una camarilla foliar o estelar, y puede introducirse en la abertura.

**Placa foraminal (*FORAMENAL PLATE*):** (n) Repliegue primario en la dirección de crecimiento de la pared posterior- lateral de la cámara, en el notch sutural, y junto a un foramen intercameral simple.

La placa foraminal separa parcialmente el lumen principal de la cámara del lumen de la camarilla foliar, y el plasma cameral del ectoplasma de los espacios interoculares.

Una placa foraminal es una continuación de un pliegue septal que puede, o no, estar conectada con una cover plate en la cámara previa.

**Placa umbilical (*UMBILICAL PLATE*):** (n) Elemento en forma de placa más o menos plegada que se extiende entre la pared distal y la proximal de la cámara, uniendo estas dos partes. Esta se encuentra junto al foramen intracameral y junto la apertura principal, pero no sobresale de esta última.

La placa umbilical separa el lumen de la cámara principal de un canal umbilico- espiral primario, que se encuentra entre la placa y la vuelta adyacente, o dentro de la misma placa.

Entre la placa y la vuelta adyacente, o dentro de la misma placa, existe una abertura que conecta la cámara con la camarilla foliar, si es que esta última está presente. Esta abertura puede estar abierta en todas las cámaras, o bien cerrada, excepto en la última cámara.

Una placa umbilical puede ser simple o, en algunos géneros planiespirales, estar compuesta por dos placas simétricas, generando, así, dos canales espirales umbilicales entre la placa y la vuelta adyacente.

**Plegue septal (*SEPTAL FLAP*):** (n) Parte de la lamela interna que cubre la cara septal previa. Debido a su adherencia a la cara septal previa, el plegue septal produce un septo trilamelar en un foraminífero primariamente bilamelar. El plegue septal puede estar separado, en parte, de la cara septal previa por una sutura profundamente marcada. Al recubrirse esta por la lamela externa, da lugar a un espacio interocular intraseptal.

El plegue septal puede extenderse hacia una placa umbilical, una placa foraminal, una cover plate o una toothplate.

**Plumoso (*FEATHERED*):** (Adj) Ornamentado por numerosos surcos que se extienden en dirección más o menos perpendicular a la fisura sutural, sobre las paredes ventrales de las cámaras.

**Poro (*PORE*):** (n) Perforación tubular que atraviesa una pared lamelar. Interiormente está tapizado por una capa orgánica. El tamaño y la forma de las aberturas internas y externas del poro pueden ser idénticas (de redondeadas a elongadas) o bien tener morfología distinta.

**Sistema de canales (*CANAL SYSTEM*):** (n) Término colectiva y ampliamente aplicado a los espacios interconectados de la concha de los foraminíferos lamelar- perforados. Estos se encuentran, primaria o secundariamente, separados del lumen principal de la cámara. A través de este sistema pueden comunicarse cámaras de la misma o de sucesivas vueltas, a través de aberturas distintas al foramen intercameral, las cuales reciben el nombre de loop- holes.

El sistema de canales contiene ectoplasma microtubular funcional, y representan *by-passes* que conectan el ectoplasma que se encuentra en las primeras vueltas de la cámara con el ectoplasma rizopodial.

Los espacios que forman el sistema de canales están delimitados por varios elementos de la concha:

- Placa umbilical;
- Cover plate;
- Tooth plate;
- Pliegue septal (*Septal flap*)
- Folia;
- la vuelta previa...

así como por las sucesivas lamelas externas.

**Nota:** El término sistema de canales ha sido ampliamente utilizado por diversos autores con distinto significado. Algunos, como Smout (1954) o Reiss y Merling (1958), restringieron el término "sistema de canales" únicamente a los canales formados entre sucesivas lamelas. intralamelares. Otros autores (Hottinger, Loeblich y Tappan, Haynes y Wittaker, entre otros) utilizan el término desde un punto de vista menos restrictivo, incluyendo en él cualquier espacio interocular que permite la rápida extrusión del protoplasma desde el interior de las cámaras hacia el exterior. Para este glosario se ha aceptado esta segunda interpretación, a excepción de los pasajes umbilicales verticales, que han recibido el nombre propio de funnels.

**Sistema marginal de canales (*MARGINAL CANAL SYSTEM*):** (n) Canales envolventes que se agrupan en la periferia de la concha, a menudo extendidos en dirección radial.

**Sistema umbilical de canales (*UMBILICAL CANAL SYSTEM*):** (n) Espacios interoculares umbilicales transformados en cavidades tubulares por varios elementos esqueléticos y por extensiones de la pared de las cámaras (folia). A menudo se modifican por reabsorción local, creando una red de comunicaciones entre las diversas cavidades tubulares.

**Surco (*GROOVE*):** (n) Depresión superficial alargada producida por el estrechamiento local de la lamela externa. Este se va profundizando por un adelgazamiento persistente de las laminaciones secundarias, y por un

engrosamiento de la ornamentación. Los surcos reflejan la extrusión del flujo protoplasmático pseudopodial de los espacios interoculares o a lo largo de la periferia de la concha. Los surcos pueden estar cubiertos o parcialmente cerrados por lamelas secundarias en los estados últimos de crecimiento, y convertirse en canales.

**Sutura de la placa (*PLATE SUTURE*):** (n) Línea que marca el lugar de adherencia de la placa umbilical a la pared lateral de la cámara.